

Aus der Klinik für Fortpflanzungsmedizin
der Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

Direktor Prof. Dr. med. vet. W. Kähn

**Die sonographische Fetometrie während der Trächtigkeit bei
Islandpferdestuten**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der
Vetsuisse-Fakultät Universität Zürich

vorgelegt von

Stephanie Hegenbart-Ritter

Tierärztin
aus Heidelberg, Deutschland

genehmigt auf Antrag von

Prof. Dr. med. vet. W. Kähn, Referent

Prof. Dr. med. vet. A. Boos, Korreferent

Zürich 2007

Meinen lieben Eltern

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	9
2	SUMMARY	10
3	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	11
4	LITERATURÜBERSICHT	13
4.1	Grundlagen der Ultrasonographie	13
4.2	Embryologie des Pferdes	17
4.2.1	Entwicklung des Auges	17
4.2.2	Entwicklung der Verdauungsorgane	17
4.2.3	Entwicklung der Harn- und Geschlechtsorgane	18
4.2.4	Entwicklung des Blutkreislaufes	21
4.2.5	Entwicklung der Knochen	21
4.3	Ultrasonographische Diagnostik in der gynäkologischen Untersuchung des Pferdes	23
4.3.1	Feststellung der Gravidität	23
4.3.2	Wanderung und Einnistung des Konzeptus	23
4.3.3	Wachstum und Morphologie des Konzeptus	24
4.4	Fetometrie	25
4.4.1	Ultrasonographische Fetometrie beim Pferd	25
4.4.1.1	Die Scheitel-Steiß-Länge	26
4.4.1.2	Der Kopf	27
4.4.1.3	Der Hals	28
4.4.1.4	Der Thorax	28
4.4.1.5	Das Abdomen und das Becken	29
4.4.1.6	Die Extremitäten	31
4.4.1.7	Die Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)	31
4.4.2	Geschlechtsbestimmung beim Pferdefetus	32
4.4.3	Erreichbarkeit fetaler Anteile beim Pferd	36
4.4.4	Ultrasonographische Fetometrie bei anderen Tierarten und beim Menschen	36
4.4.4.1	Ultrasonographische Fetometrie beim Rinderfetus	36
4.4.4.2	Ultrasonographische Fetometrie beim Schaffetus	39
4.4.4.3	Ultrasonographische Fetometrie beim Kleintier	41
4.4.4.4	Ultrasonographische Fetometrie beim Menschen	43
5	MATERIAL UND METHODIK	46
5.1	Material	46
5.1.1	Das Probandengut	46
5.1.2	Die Technische Ausrüstung	46
5.2	Methodik	47
5.2.1	Das Untersuchungsschema	47
5.2.2	Die Vorbereitung der Stuten	47
5.2.3	Die transrektale Ultraschalluntersuchung	47
5.2.4	Das Untersuchungsprotokoll	48
5.2.5	Biometrische Messungen	51
5.2.5.1	Schallrichtungen	51
5.2.5.2	Die Vermessung der Fruchtblasen	52
5.2.5.3	Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge (SSL)	53
5.2.5.4	Die Vermessung der Schädelhöhle	54

INHALTSVERZEICHNIS

5.2.5.5	Die Vermessung des Auges.....	55
5.2.5.6	Die Vermessung der Trachea	56
5.2.5.7	Die Vermessung der Halswirbel.....	57
5.2.5.8	Die Vermessung der Rippen.....	58
5.2.5.9	Die Vermessung des Herzens.....	59
5.2.5.10	Die Messung der Herzfrequenz.....	59
5.2.5.11	Die Messung des Rumpfquerschnittes	59
5.2.5.12	Die Vermessung des Magens	60
5.2.5.13	Die Vermessung der Vena cava caudalis	61
5.2.5.14	Die Vermessung der Aorta	61
5.2.5.15	Die Vermessung des Urachus.....	62
5.2.5.16	Die Vermessung der Wirbelkörper.....	63
5.2.5.17	Die Vermessung der langen Röhrenknochen	64
5.2.5.18	Die Vermessung von Darmbein (Os ilium) und Sitzbein (Os ischii).....	65
5.2.5.19	Die Messung der Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP).....	66
5.2.5.20	Die Geschlechtsbestimmung	67
5.2.6	Statistik.....	68
6	ERGEBNISSE.....	69
6.1	Probanden.....	69
6.2	Medizinische Behandlung.....	69
6.3	Vorausgehende Untersuchungen.....	69
6.4	Untersuchungen pre ovulationem	70
6.5	Dauer der Untersuchungen.....	70
6.6	Ergebnisse der biometrischen Messungen	70
6.6.1	Die Vermessung der Fruchtblasen	70
6.6.1.1	Der Längsdurchmesser der Fruchtblasen	71
6.6.1.2	Der mittlere Durchmesser der Fruchtblasen.....	72
6.6.2	Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge.....	73
6.6.3	Die Vermessung der Schädelhöhle	75
6.6.4	Die Vermessung des Auges	76
6.6.4.1	Der Längsdurchmesser des Augapfels	77
6.6.4.2	Der Querdurchmesser des Augapfels.....	78
6.6.4.3	Der mittlere Durchmesser des Augapfels.....	79
6.6.5	Die Vermessung der Trachea	80
6.6.6	Die Vermessung der Halswirbel	82
6.6.7	Die Vermessung der Rippen	84
6.6.8	Die Vermessung des Herzens.....	85
6.6.8.1	Die Herzlänge.....	86
6.6.8.2	Die Herzbreite	87
6.6.8.3	Der mittlere Herzdurchmesser.....	88
6.6.9	Die Messung der Herzfrequenz.....	89
6.6.10	Die Messung des Rumpfquerschnittes	90
6.6.11	Die Vermessung des Magens	91
6.6.11.1	Der Längsdurchmesser des Magens	92
6.6.11.2	Der mittlere Magendurchmesser	93
6.6.12	Die Vermessung der Vena cava caudalis	94
6.6.13	Die Vermessung der Aorta.....	96
6.6.14	Die Vermessung des Urachus	97

6.6.15	Die Vermessung der Wirbelkörper	99
6.6.16	Die Vermessung der langen Röhrenknochen	101
6.6.16.1	Der Metakarpus	101
6.6.16.2	Der Metatarsus	102
6.6.16.3	Radius und Ulna	104
6.6.16.4	Tibia und Fibula	105
6.6.16.5	Der Femur	105
6.6.17	Die Vermessung des Darmbeins (Os ilium)	106
6.6.18	Die Vermessung des Sitzbeins (Os ischii)	108
6.6.19	Die Messung der Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)	110
6.7	Übersicht über die Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten	112
6.8	Die Geschlechtsbestimmung	113
6.9	Die Erreichbarkeit des Fetus	115
6.9.1	Die Erreichbarkeit der einzelnen fetalen Körperteile	115
6.9.2	Die Erreichbarkeit des Kopfes	116
6.9.3	Die Erreichbarkeit des Halses	117
6.9.4	Die Erreichbarkeit des Thorax	118
6.9.5	Die Erreichbarkeit des Abdomens	119
6.9.6	Die Erreichbarkeit der Extremitäten	120
7	DISKUSSION	121
7.1	Die Vermessung der Fruchtblasen	122
7.2	Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge	123
7.3	Die Vermessung des Schädels	124
7.4	Die Vermessung des Auges	125
7.5	Die Vermessung der Trachea	126
7.6	Die Vermessung der Halswirbel	127
7.7	Die Vermessung der Rippen	128
7.8	Die Vermessung des Herzens	129
7.9	Die Messung der Herzfrequenz	130
7.10	Die Messung des Rumpfquerschnittes	131
7.11	Die Vermessung des Magens	132
7.12	Die Vermessung der Vena cava caudalis	133
7.13	Die Vermessung der Aorta	133
7.14	Die Vermessung des Urachus	134
7.15	Die Vermessung der Wirbelkörper	135
7.16	Die Vermessung der langen Röhrenknochen	135
7.16.1	Der Metakarpus	136
7.16.2	Der Metatarsus	136
7.16.3	Radius und Ulna	137
7.16.4	Die Vermessung weiterer langer Röhrenknochen	138
7.17	Die Vermessung des Darmbeins (Os ilium)	138
7.18	Die Vermessung des Sitzbeins (Os ischii)	139
7.19	Die Messung der Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)	139
7.20	Die Geschlechtsbestimmung	140
7.21	Die Erreichbarkeit des Fetus	141
7.22	Die sonographische Fetometrie in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitpunkt	143
7.23	Schlussfolgerung	146

INHALTSVERZEICHNIS

8	LITERATURVERZEICHNIS	148
9	DANKSAGUNG.....	160
10	LEBENSLAUF	161
11	ANHANG	162
11.1	Abkürzungsverzeichnis	162
11.2	Abbildungsverzeichnis.....	164
11.3	Tabellenverzeichnis.....	168

1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Erstellen von Wachstumskurven für das fetale Wachstum von Ponies und Kleinpferden stellte das Ziel dieser Arbeit dar.

Für die vorliegende Studie wurden die Embryonen und Feten zwölf tragender Islandpferdestuten zwischen dem Tag der Ovulation und dem 322. Tag der Gravidität in insgesamt 645 Untersuchungen vermessen. Diese fanden ausnahmslos auf transrektalem Wege unter Verwendung eines 6,5-8,0 MHz-Linear- sowie eines 5,0-7,5 MHz-Konvexschallkopfes statt.

Am zehnten bzw. elften Tag der Gravidität konnte bei allen untersuchten Stuten die Konzeption mittels Ultraschall festgestellt werden. Die Embryonen bzw. Feten waren vom zweiten Monat an im gesamten Verlauf der Trächtigkeit erreichbar. Das Auge war die am einfachsten für die Fetometrie auffindbare Struktur. Außerdem konnte ausschließlich das Auge während der gesamten Trächtigkeit vermessen werden. In der Frühträchtigkeit (zweiter bis dritter Monat) eigneten sich des weiteren besonders die Fruchtblase, die Scheitel-Steiß-Länge, der Rumpfquerschnitt und das Herz für die Bestimmung des Gestationsalters. In der Mitte der Trächtigkeit (vierter bis siebter Monat) waren überwiegend der Schädel und das Auge, der Rumpfquerschnitt, das Herz, die Wirbelkörper, die Rippen und die langen Röhrenknochen der Vordergliedmaßen sowie die Vena cava caudalis und die Aorta für die fetometrische Untersuchung von Bedeutung. Gegen Ende der Trächtigkeit kam neben dem Auge nur gelegentlich die Trachea für eine Vermessung infrage.

Die engsten Korrelationskoeffizienten ($r \geq 0,990$) zwischen dem Alter des Fetus und der Größe der sonographisch vermessenen fetalen Struktur wurden für die Scheitel-Steiß-Länge, den Augendurchmesser, die Halswirbel, den Rumpfquerschnitt und die Herzgröße gefunden.

Die Durchführung der Geschlechtsbestimmung war vorwiegend zwischen dem 62. und dem 142. Tag der Trächtigkeit möglich. Das fetale Geschlecht wurde in zehn von zwölf Fällen (83%) anhand der Lokalisation des Genaltuberkels bzw. des Penis oder der Milchdrüse korrekt bestimmt.

Die Fetometrie stellt ein geeignetes Verfahren dar, das Alter der Feten von Islandpferdestuten zu bestimmen und den Zeitraum der Geburt einzugrenzen.

2 SUMMARY

The objective of this study was to determine fetal growth curves for ponies and small horses.

For this study the embryos and fetuses of 12 pregnant Icelandic pony mares were examined from day of ovulation through Day 322 of gestation (total number of examinations: 645). All examinations were performed from a transrectal approach using a linear (6,5-8,0 MHz) and a convex transducer (5,0-7,5 MHz).

In all cases the embryonic vesicle became visible between Day 10 and 11 of pregnancy. From the second month and throughout the entire pregnancy embryos respectively fetuses were accessible by transrectal ultrasound scanning. The eye was the easiest structure to find and fetometry of the eye could be performed throughout the entire pregnancy. During early pregnancy (Months 2-3) appropriate parameters for determination of fetal age were the embryonic vesicle, the eye, the crown-rump-length, the abdominal diameter and the size of the heart. During mid-gestation (Months 4-7) the cavity of the brain case and the eye, the abdominal diameter, the size of the heart, the vertebrae, the ribs, the long bones of the front legs as well as the aorta and vena cava were accurate parameters for fetometry. At the end of gestation only the eye and in some cases the trachea could be measured.

The crown-rump-length, the diameter of the eye, the cervical vertebrae, the diameter of the trunk and the size of the heart had the strongest relationship ($r \geq 0,990$) to gestational age.

In addition to fetometric measurements fetal gender was determined. Evaluation was predominantly conductible between Day 62 and 142 of gestation by locating the genital tubercle, the penis or the mammary gland. Fetal gender was successfully identified in 10 out of 12 cases (83%).

Sonographic fetometry represents a reliable technique for determining the age of fetuses of Icelandic pony mares and to predict the possible date of parturition.

3 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Im Jahre 1981 beschrieben O'GRADY et al. zum ersten Mal die transabdominale Ultraschalluntersuchung des Pferdefetus' in utero. Zuvor gab es zwar bereits Bestrebungen, das Alter von Feten einiger Tierarten zu bestimmen, die Erkenntnisse gewann man jedoch entweder durch die Untersuchung von abortierten Feten oder von Früchten geschlachteter Tiere oder bei Sektionen (GURLT 1860; BERGIN et al. 1967; EVANS und SACK 1973; HÖFLIGER und RÜEDLINGER 1976). Die Altersschätzung mittels radiographischer Untersuchungen von Rinder- bzw. Pferdefeten unternahmen GJESDAL (1969) und GUFFY et al. (1970).

Nachdem die Ultraschalluntersuchung 1980 durch PALMER und DRIANCOURT Einzug in die veterinärmedizinische Fortpflanzungsmedizin hielt, hat sie in der Pferdegynäkologie heute einen festen Platz eingenommen (KÄHN und LEIDL 1984; KÄHN 1992) und ist die Untersuchungsmethode der Wahl zur Trächtigkeitsdiagnose und zur Feststellung von Zwillingsgraviditäten. Jedoch begrenzt sich der Einsatz der Sonographie meist auf die ersten Trächtigkeitswochen und -monate und ist zu späteren Graviditätszeitpunkten von geringerer Bedeutung für die tägliche Praxis.

Während in der Humanmedizin die Fetometrie heutzutage eine Routineuntersuchung in der pränatalen Diagnostik darstellt, ist dieses Verfahren in der Veterinärmedizin noch nicht vollständig etabliert und wird nur von wenigen Tierärzten praktiziert. Es existieren zwar bereits Daten von ultraschallbiometrischen Messungen bei Großpferdefeten (KÄHN und LEIDL 1987; GINTHER 1995), der Bereich der Kleinpferderassen ist jedoch bisher weniger ausführlich untersucht worden (GINTHER 1995).

Ziel dieser Arbeit ist es, anhand von Verlaufsuntersuchungen Basisdaten für die Größe der einzelnen Körperteile und Organe der Feten von Islandpferdestuten und anderen Kleinpferderassen aufzustellen. Diese sollen zur Vorhersage des Geburtszeitpunktes dienen und dadurch das Management von tragenden Stuten vereinfachen. Bei Weidebedeckungen ohne aufwendiges Zuchtmanagement, wie es heute in der modernen Pferdezucht üblich ist, oder bei Fehlbedeckungen sollen die Daten bei der Einschätzung des Trächtigkeitszeitpunktes herangezogen werden können. Durch die Gewinnung von Basisdaten für den embryonalen bzw. fetalen Entwicklungszustand gesunder Fohlen von Islandpferdestuten soll ferner bei gesichertem Gesta-

tionsalter die Erkennung von Missbildungen bzw. einer Unterentwicklung verbessert werden, um die Versorgung kranker Neugeborener zu optimieren.

4 LITERATURÜBERSICHT

4.1 Grundlagen der Ultrasonographie

Die Ultraschalldiagnostik ist ein nichtinvasives, bildgebendes Verfahren, bei dem hochfrequente Schallwellen, meist in einem Bereich von 2 bis 10 MHz, zum Einsatz kommen, die weit oberhalb der menschlichen Hörschwelle (etwa 20 kHz) liegen. Diese werden von Piezokristallen erzeugt, die bei Anlegen einer Wechselspannung mechanisch verformt werden und kurze Schallimpulse von wenigen Mikrosekunden Dauer emittieren (umgekehrter piezoelektrischer Effekt). Bei Auflegen eines Schallkopfes auf die Körperoberfläche breiten sich die Schallwellen aufgrund des unterschiedlichen Widerstandes der verschiedenen Gewebe, genannt akustische Impedanz, mit unterschiedlicher Geschwindigkeit im Körper aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit für Weichteilgewebe beträgt etwa 1540 m/s (FLÜCKIGER 1990; EBERSPÄCHER 1991; BARR 1992; FRITSCH und GERWING 1993).

Der Kristall arbeitet als Sender und Empfänger zugleich, was durch die Länge der Intervalle zwischen den ausgesendeten Ultraschallimpulsen ermöglicht wird (BARR 1992). Ausgesendete Schallwellen werden reflektiert, sobald sie an die Grenzfläche von zwei Geweben gelangen, die eine unterschiedliche akustische Impedanz aufweisen, und zwar umso stärker, je stärker der Impedanzunterschied ist. Die Echos, die auf den Empfänger (Wandler, Schwinger, Transducer, Scanner) treffen, verformen den Kristall und führen wegen des piezoelektrischen Effektes wiederum zur Bildung elektrischer Signale. Diese Signale werden auf Stärke und Herkunftsort analysiert und auf dem Bildschirm wiedergegeben (BARR 1992; FRITSCH und GERWING 1993). Bei der Aktivierung vieler nebeneinander liegender Schallquellen werden die empfangenen Echos zu einem zweidimensionalen Schnittbild des Organs zusammengesetzt und als Lichtpunkte unterschiedlicher Helligkeit und Graustufe, je nach Intensität ihres Signals, auf dem Monitor dargestellt (FLÜCKIGER 1990; EBERSPÄCHER 1991). Die Zeit, die zwischen dem Aussenden und dem Empfangen eines Signals vergeht, lässt auf die Distanz zu dem Ort im Körper schließen, an dem die Schallimpulse reflektiert wurden (FLÜCKIGER 1990; FRITSCH und GERWING 1993).

Die Eindringtiefe der Ultraschallwellen ist zunächst abhängig von der Schallfrequenz und außerdem von der Zusammensetzung der untersuchten Gewebe. Aus dem frequenzabhängigen

Intensitätsverlust des Schalls im Gewebe (etwa 1 dB/cm und MHz) resultiert eine höhere Eindringtiefe bei geringeren Frequenzen. Durch Absorption (Umwandlung in Wärme), Refraktion (Ablenkung) und Reflexion (Echobildung) wird die Eindringtiefe gemindert (FLÜCKIGER 1990; EBERSPÄCHER 1991; BARR 1992; FRITSCH und GERWING 1993). Luft bzw. Gas reflektiert die Schallwellen vollständig (Totalreflexion), Knochen und stark mineralisierte Feststoffe reflektieren etwa 50% der Schallenergie und absorbieren den Rest, so dass bei beiden Stoffen an der Grenzfläche ein reflexreiches Band sichtbar wird und die Strukturen dahinter nicht mehr dargestellt werden können. Es entsteht ein Schallschatten. Wässrige Flüssigkeiten dagegen leiten die Schallwellen zu 100% weiter und führen wegen der hohen Schallintensität zu einer relativen Schallverstärkung. Dies bewirkt, dass Strukturen in oder hinter flüssigkeitsgefüllten Räumen besonders gut sichtbar sind (FLÜCKIGER 1990; EBERSPÄCHER 1991; FRITSCH und GERWING 1993). Ebenso ist die Bildwiedergabe abhängig von der Lage der Grenzfläche zu der einfallenden Schallwelle. Steht diese senkrecht zur Schallquelle werden die Wellen ohne Ablenkung zur Quelle zurückgesendet. Ist dies nicht der Fall wird ein Teil des Schalls gestreut, was zu schwächeren Echos führt. Je höher die Frequenz und somit je kleiner die Wellenlänge, desto größer ist der Anteil der gestreuten Schallwellen. Tangential getroffene Strukturen können andererseits nur durch Streustrahlung sichtbar gemacht werden (BARR 1992; FRITSCH und GERWING 1993).

Das Auflösungsvermögen, d. h. der Mindestabstand zweier auf dem Bild gerade noch voneinander getrennt darstellbarer Punkte, verhält sich umgekehrt proportional zur Eindringtiefe, d. h. je höher die Frequenz gewählt wird, desto höher ist die Auflösung. So hat eine 3-MHz-Sonde eine theoretische Eindringtiefe von bis zu 25 cm, kann aber Einzelstrukturen erst im Abstand von 1 mm separat darstellen, wohingegen eine 10-MHz-Sonde zwar nur bis zu 4 cm in das Gewebe eindringt, dabei jedoch über eine Auflösung von 0,2 mm verfügt. Am lebenden Organismus werden solche hohen Auflösungen kaum erreicht. Hier müssen sonographisch voneinander abgrenzbare Strukturen bei 5,0-7,5 MHz mindestens eine Größe von 1-2 mm haben (FLÜCKIGER 1990; BARR 1992).

Das Ultraschallfeld wird in ein Nahfeld (Fresnel-Zone), eine Fokuszone und ein Fernfeld (Fraunhofer-Zone) unterteilt. Der Schallstrahl wird gebündelt, da ein nicht fokussierter Strahl sehr schnell divergiert und sich somit die Auflösung verschlechtert. Die Fokuszone ist somit der Bereich der optimalen Bildauflösung, in dem sich das Objekt des Interesses während der Unter-

suchung befinden sollte. Hingegen sind das Nahfeld aufgrund von Inhomogenität der Amplituden und Interferenzen sowie das Fernfeld aufgrund divergierender Strahlen und geringerer Auflösung für die Ultraschalldiagnostik weniger geeignet (EBERSPÄCHER 1991; BARR 1992; FRITSCH und GERWING 1993). Durch Harmonic Imaging, eine gegenwärtige Weiterentwicklung in der Ultraschalltechnologie, werden diese Artefakte, die in dem herkömmlichen B-Mode-Verfahren zu schlechter Bildqualität führen, vermindert (MATTOON et al. 2002). Es werden beim Harmonic Imaging lediglich die Frequenzen empfangen, die eine vielfache oder harmonische Frequenz des ausgesendeten Signals besitzen, meist die doppelte Frequenz. Herausgefiltert werden hingegen die Echos der ausgesendeten Frequenz, da die Artefakte und somit der Auflösungsverlust im konventionellen B-Mode häufig durch Schallimpulse dieser Frequenz mit einer niedrigen Amplitude entstehen.

Es gibt in der Ultraschalldiagnostik unterschiedliche Wiedergabeverfahren. Am einfachsten ist der A-Mode (A-Bild, Amplituden-Modulation), bei dem die Echos eines einzigen Ultraschallstrahls als vertikale Ausschläge auf einer horizontalen Linie dargestellt werden. Hierbei entsprechen die Höhe des Ausschlags der Echostärke und die Strecke auf der horizontalen Achse der Lage der Struktur. Beim B-Mode (B-Bild, Brightness = Helligkeits-Modulation) werden mehrere Ultraschallstrahlen ins Gewebe ausgesendet und die wiederkehrenden Echos jedes einzelnen Strahls analysiert, auf dem Bildschirm als einzelne Punkte sichtbar gemacht und zu einem zweidimensionalen Bild zusammengesetzt, das einer Schnittebene durch den Körper entspricht. In der Human- und Tiermedizin wird heute vorwiegend das Real-Time-Verfahren (Echtzeitverfahren, schnelles B-Bild) angewandt. Hier wird im Gegensatz zum Compound-Scan (langsames B-Bild) eine schnelle Bildfolgefrequenz erreicht ($>15/\text{Sekunde}$) und so in Sekundenbruchteilen ein Schnittbild aufgebaut, mit dem auch Bewegungsvorgänge beobachtet werden können. Beim M-Mode (M-Bild, Motion = Bewegungs-Modulation) werden die Echos, die von einem eindimensionalen Ultraschallstrahl erzeugt werden, auf einem Monitor dargestellt, indem sie zeitlich fortlaufend nach rechts wandern. Dabei werden die Bewegungen von Grenzflächen als Kurven dargestellt und die Messung von Geschwindigkeit und Ausmaß der Bewegung ermöglicht. Dieses Verfahren eignet sich besonders für die Kardiologie (BARR 1992; FRITSCH und GERWING 1993).

Für die Ultraschalldiagnostik werden unterschiedliche Sonden verwendet, in denen die einzelnen Piezokristalle eine unterschiedliche Anordnung finden, Parallel-, Sektor- und Konvex-Scan.

Man spricht von einem Array (EBERSPÄCHER 1991; FRITSCH und GERWING 1993). In einem Linear Array sind die Kristalle linear nebeneinander angeordnet und werden abwechselungsweise aktiviert. Die Sonde benötigt eine relativ große, plane Auflagefläche, liefert jedoch ein großes Bild mit guter Nah- und Lateralauflösung und ermöglicht eine einfache Orientierung. Der Konvex-Scan oder Curved Array hat eine Kristallanordnung wie der Linear-Scan, diese befinden sich jedoch auf einer konvexen Oberfläche, so dass ein divergierender Bildausschnitt entsteht. Das Blickfeld im Nahbereich ist also kleiner und die laterale Auflösung nimmt in der Tiefe relativ schnell ab, der große Vorteil liegt aber in der kleineren Ankopplungsfläche bei großem Bildausschnitt in der Tiefe. Bei einem Sektor-Scan werden die Schallwellen divergierend von einem relativ kleinen Schallkopf ausgesandt und führen zu einem fächerförmigen Blickfeld. Mechanische Sektor-Schallköpfe besitzen nur einen oder wenige Kristalle, die durch einen Motor bewegt werden. Entweder rotieren die Kristalle um eine Achse oder ein Kristall schwingt hin und her und sendet. Der elektronische Sektor-Schallkopf oder Phased Array Sektor-Schallkopf hingegen enthält eine Gruppe von fest eingebauten Einzelkristallen, die elektronisch kurz nacheinander aktiviert werden. Bei beiden Schallkopffarten wird der Schallstrahl fächerförmig ausgesendet. Das führt zu einem kleinen und schlecht zu beurteilenden Nahfeld, schlechter Auflösung in der Tiefe und in den Randzonen und zu einer schwierigen Orientierung. Die Vorteile der Sektor-Schallköpfe liegen in der geringen Größe, der Handlichkeit und in der kleinen Ankopplungsfläche (BARR 1992; FRITSCH und GERWING 1993).

Die Fokussierung ermöglicht es dem Untersucher, die natürliche Lage des Fokus zu verändern. Das wird entweder mechanisch durch konkave Krümmung des Schallwandlers oder elektronisch durch eine akustische Linse ermöglicht (EBERSPÄCHER 1991). Mechanische Sektorsonden sind fix fokussiert, sie erzeugen also nur in einer physikalisch festgelegten Zone ein detailliertes Bild (FLÜCKIGER 1990).

Es ist zu bemerken, dass die Schallintensität in der Ultraschalldiagnostik so gering ist ($10\text{-}50\text{ mW/cm}^2$), dass kein Risiko für Gewebsschädigungen durch thermische, mechanische, chemische oder teratogene Wirkung des Schalls besteht (FRITSCH und GERWING 1993). Es handelt sich hierbei folglich um ein sehr schonendes Untersuchungsverfahren, welches beliebig oft wiederholt werden kann (EBERSPÄCHER 1991).

4.2 Embryologie des Pferdes

In diesem Abschnitt soll auf die Embryologie derjenigen Organe des Pferdes eingegangen werden, die für die ultrasonographische Fetometrie dieser Arbeit von Bedeutung sind.

4.2.1 Entwicklung des Auges

Zunächst tritt am Vorderhirn beidseits die Augengrube auf, die sich zur Augenblase erweitert. Durch das Wachstum bildet sich der Augenblasenstiel und am Ektoderm wird die Linsenanlage (Linsenplakode) induziert (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Beim Pferd ist die Augenblase am 20. Tag ausgebildet (EVANS und SACK 1973). Aus der Linsenplakode schnürt sich das Linsenbläschen anschließend völlig von der Epidermis ab und stülpt die Augenanlage zu einem Augenbecher ein. Dessen äußeres Blatt wird das einschichtige Pigmentepithel und dessen inneres Blatt wird mehrschichtig und differenziert sich zur Netzhaut (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Beim Pferd misst das Auge am 26. Tag 0,5 mm im Durchmesser und die Linse wird am 30. Tag sichtbar (EVANS und SACK 1973). Nachfolgend wächst die A. hyaloidea, die später zur A. centralis retinae wird, in die fetale Augenspalte des Augenbecherstiels ein und Nervenfortsätze der Retina wachsen Richtung Zwischenhirn. Das Linsenbläschen erfährt einige Veränderungen, indem zunächst eine Linsenkapsel gebildet und dann die vordere Wand zum einschichtigen Linsenepithel umgewandelt wird und außerdem das Epithel der hinteren Wand zu Linsenfasern auswächst. Der Glaskörper wird aus Mesenchymzellen gebildet, die mit der A. hyaloidea einströmen sowie aus Gliazellen der Retina (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001).

Die Entwicklung der Augenlider, d. h. das Wachsen von zwei halbringförmigen Wülsten über die Kornea (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001), setzt beim Pferd ungefähr am 40. Tag der Trächtigkeit ein, am 55. Tag sind die Lider fast geschlossen und am 63. Tag sind sie in der Lidnaht temporär miteinander verklebt (EVANS und SACK 1973).

4.2.2 Entwicklung der Verdauungsorgane

Zunächst entsteht das primitive Darmrohr aus dem Entoderm. Die Darmanlage teilt sich in drei Abschnitte auf, die vordere Darmbucht, die Mitteldarmhöhle und die hintere Darmbucht. Der Magen entsteht aus einer spindelförmigen Erweiterung des Darmrohres im Bereich des kaudalen

Vorderdarmes (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Diese Magenanlage entwickelt nun eine konvexe *Curvatura major* und eine konkave *Curvatura minor* und erfährt danach zwei Drehungen, wobei sich das große und das kleine Netz aus dem Gekröse bilden.

Aus der ventralen Epithelknospe des hepatopankreatischen Ringes des Duodenum geht die Leber hervor, die als Leberdivertikel rasch an Größe zunimmt. Die eigentliche Leberanlage ist die *Pars hepatica*. Ein kleinerer Teil, die *Pars cystica* entwickelt sich bei den Haussäugetieren zur Gallenblase und zum *Ductus cysticus* (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001), wobei diese *Pars cystica* beim Pferd nicht angelegt ist (NODEN und DE LAHUNTA 1985; RÜSSE und SINOWATZ 1991). Die Leber füllt schnell den größten Teil des Bauchraumes aus, was mit ihrer Aufgabe der Blutbildung in dieser Entwicklungsphase zu begründen ist (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001).

4.2.3 Entwicklung der Harn- und Geschlechtsorgane

Die Harnorgane entstehen aus Vorniere, Urniere und Nachniere, die sich zeitlich nacheinander entwickeln, wobei die Vorniere bei Säugern funktionslos ist und im Halsbereich vorübergehend auftritt. Von der Urniere werden bei männlichen Individuen ein Teil der Urnierenkanälchen als *Ductuli efferentes* übernommen und der sich zum Urnierengang oder Wolffschen Gang entwickelte Vornierengang wird zum Nebenhodenkanal und Samenleiter. Die Nachniere geht aus der Ureterknospe und aus dem Nachnierenblastem (metanephrogenem Mesenchym) hervor. Aus ersterer entstehen Ureter, Nierenbecken, Nierenkelche und die Sammelrohre, aus dem Nachnierenblastem gehen, induziert durch die Ureterknospe, die Nephrone hervor. Die Harnblase entwickelt sich aus der *Pars vesicalis* des *Sinus urogenitalis*. Sie geht extraembryonal in die Allantois über und der Allantoisstiel bildet sich zum Urachus zurück. In die Harnblase münden die Ureter, die Wolffschen Gänge münden weiter kaudal (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001).

Nach SCHNORR und KRESSIN (2001) reicht die Keimdrüsenanlage vom Thorakal- bis zum Lumbalbereich. Im Laufe ihrer Entwicklung entsteht zunächst die Keimdrüsenleiste, die sich zur Keimdrüsenfalte vergrößert. Diese Keimleiste tritt beim Pferd mit 12 mm SSL auf (RÜSSE und SINOWATZ 1991). Die Keimdrüse differenziert sich aus dem mittleren Bereich, sie besteht aus

dem Keimdrüsen- oder Oberflächenepithel und im Inneren aus dem Gonadenblastem, das aus eingewanderten Zellen degenerierender Urnierenglomeruli und -tubuli entsteht (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Durch die Einwanderung von Primordialkeimzellen aus dem Dottersack über den Allantoisstiel und das dorsale Enddarmgekröse wird die Entwicklung zu Gonaden fortgesetzt. Daraufhin vergrößert sich das Gonadenblastem und es bilden sich strangartige Zellhaufen (Keimstränge). Diese Strangbildung ist bei männlichen Tieren stärker ausgeprägt und führt zur Bildung der deutlich abgrenzbaren Hodenstränge. Die Ovarien hingegen besitzen unregelmäßige Keimstränge.

Der Hodenabstieg (Descensus testis) durch den Leistenkanal endet im Hodensack (Skrotum), der aus den paarig angelegten Skrotalwülsten entsteht, und der nach Angaben von EVANS und SACK (1973) beim Pferd am 80. Tag der Trächtigkeit entwickelt ist. Die Skrotalwülste sind Vorwölbungen der Bauchwand im Bereich der Genitalwülste (Tubercula labioscrotalia), welche sich zwischen dem Geschlechtshöcker und den Beckengliedmaßen entwickeln. Der Hodenabstieg, der durch den erhöhten intraabdominalen Druck aufgrund der Organvergrößerung und durch die Wirkung androgener und gonadotroper Hormone gefördert wird, vollzieht sich aufgrund von Wachstumsunterschieden zwischen der Rumpfwand und dem Gubernaculum testis. Er findet beim Wiederkäuer bereits im dritten Monat der Gravidität statt, wohingegen beim Schwein, beim Pferd sowie auch beim Menschen der Descensus testis erst zum Zeitpunkt der Geburt abgeschlossen ist bzw. auch noch in den ersten Lebensmonaten vonstatten gehen kann (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Auch beim weiblichen Tier erfolgt eine Verlagerung der Eierstöcke nach kaudoventral (Descensus ovarii), da die kaudalen Keimdrüsenbänder auch hier im Wachstum zurückbleiben (SCHNORR und KRESSIN 2001).

Die Entwicklung der äußeren Geschlechtsorgane bei den Haussäugetieren geht sowohl beim weiblichen als auch beim männlichen Individuum von dem indifferenten Genitalhöcker (Tuberculum genitale = TG) aus, der nach EVANS und SACK (1973) am 30. Tag beim Pferdeembryo vorhanden ist. Dieser entsteht an der ventralen Bauchwand kranial der Kloake aus mesenchymalem Gewebe und wächst zum Phallus in die Länge (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Er ist bei männlichen und weiblichen Tieren zunächst gleich lang und kann in eine apikale Pars nuda und in einen breiten basalen Teil, die Pars basalis, gegliedert werden. Auf der Unterseite teilt er sich auf in eine Urogenitalrinne (Sulcus urogenitalis) und in die seitlichen Urogenitalfalten (Plicae urogenitales). Der Phallus differenziert sich später zum

Penis bzw. zur Klitoris. Der Penis und an dessen Ende die Glans entstehen unter der Einwirkung der Androgene des fetalen Hodens. Er wächst vom Beckenausgang an der ventralen Bauchwand entlang bis kaudal des Nabels. Die Urogenitalfalten, die während des Wachstums des Phallus zum Penis ebenfalls in die Länge gewachsen sind, vereinigen sich und bilden die Pars spongiosa urethrae, deren distales Ende jedoch aus einem ektodermalen Epithelspross entsteht, der sich mit dem Urethralumen verbindet und nachträglich kanalisiert. Die Pars spongiosa urethrae bildet das Corpus spongiosum penis, steht mit der Pars pelvina penis in Verbindung und ist im proximalen Teil mit Epithel ausgekleidet, das dem Entoderm entstammt. Aus der Schafthaut, die die Pars basalis umgibt, entsteht das Präputium unter Einbeziehung der epithelialen Glandarlamelle. Das Präputium mit Penis war bei Untersuchungen von GINTHER (1992) an entnommenen Feten ab dem 77. Tag auffindbar, wird aber nicht vor dem 115.-120. Tag pendelnd, wie dies bei Fohlen post natum beobachtet werden kann. Bei der Differenzierung zur Klitoris unterbleibt das Wachstum des Phallus, ebenfalls vereinigen sich die Urogenitalfalten nicht, sondern bilden die Schamlippen (SCHNORR und KRESSIN 2001), die nach GINTHER (1992) in Untersuchungen an gewonnenen Feten ab dem 55. Tag auffindbar waren. EVANS und SACK (1973) beschrieben das prominente Auftreten der Klitoris am 75. Trächtigkeitstag, nach GINTHER (1992) war die Klitoris am 100.-120. Tag in ihrer endgültigen Position in der ventralen Kommissur der Schamlippen angelangt.

Die Entstehung der Milchdrüse, die beim Pferd wie beim Wiederkäuer nur in der Leistengegend zu finden ist, beginnt mit der Bildung der Milchlinie als Verdickung der Epidermis (SCHNORR und KRESSIN 2001). Dieses Stadium findet man bei einem Pferdefetus ungefähr am 42. Tag der Trächtigkeit (EVANS und SACK 1973). Durch weitere Größenzunahme entwickelt sich die Milchlinie zur Milchleiste, an der Stellen örtlicher Gewebewucherungen (Milchhügel) und Bereiche von Geweberückbildung zu finden sind, wobei die Milchhügel den späteren Mammarkomplexen entsprechen, an denen die Mammarknospe in die Tiefe wuchert und die Hohlraumssysteme ausbildet. Diese Hohlraumssysteme werden vom Areolargewebe umgeben, welches durch eine örtliche Wucherung auch die Zitzen bildet (SCHNORR und KRESSIN 2001). Am Pferdefetus beider Geschlechter findet man bereits am 49. Tag Zitzen vor (Untersuchungen von GINTHER (1992) zufolge am 55. Tag als blasse Punkte zu erkennen), die am 112. Tag der Gravität beim weiblichen Fetus endgültig entwickelt (EVANS und SACK 1973) und um den 120. Tag in das Skrotum beim männlichen Fetus integriert sind (GINTHER 1992).

4.2.4 Entwicklung des Blutkreislaufes

Der Blutkreislauf wird bereits sehr früh ausgebildet, damit die ausreichende Ernährung des schnell wachsenden Embryos gewährleistet werden kann. So kommt es bereits in der dritten Woche zur Anlage dieses ersten funktionsfähigen Organsystems (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Nach Angaben von EVANS und SACK (1973) ist beim Pferdeembryo am 20. Tag das Herz vorhanden. Dieses entwickelt sich genau wie die Blutgefäße aus angiogenem Material des Mesoderms und wird zunächst als paarige Endokardschläuche angelegt, welche sich beim Menschen am 22. Tag vereinigen und zu pulsieren beginnen (SCHNORR und KRESSIN 2001). Die ersten Kontraktionen des Herzschauches entstehen in den Muskelzellen selbst und sind zunächst unkoordiniert und unregelmäßig. Beim Pferdeembryo setzt der koordinierte Herzschlag am 23. Tag ein (RÜSSE und SINOWATZ 1991). In der vierten Woche beginnt ein gerichteter Blutfluss als Folge der koordinierten Herzaktionen. In der vierten und fünften Woche (ab einer SSL von 6-8 mm) kommt es zur Ausbildung von Scheidewänden und Herzklappen und damit zur Abtrennung von Vorhof und Ventrikel durch die Wucherung subendokardialen Gewebes zu Endokardkissen sowie durch Faltenbildung (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Die Herzkammern des vierkammerigen Herzens sind mit 15-17 mm SSL vollständig voneinander getrennt. Das Herz erlangt seine endgültige Lage im Thorax beim Pferd mit 34,5 mm SSL (RÜSSE und SINOWATZ 1991).

Die Aorta descendens entsteht aus der Verschmelzung der beiden dorsalen Aorten, die Vena cava caudalis entsteht aus Anteilen der rechten V. sacrocardinalis, der rechten V. subcardinalis und der rechten V. efferens hepatis (SCHNORR und KRESSIN 2001).

4.2.5 Entwicklung der Knochen

Für die Bildung des Skelettes stehen zunächst mesenchymale Vorläufer zur Verfügung, die sich zu knorpeligen Anlagen der Knochen weiterentwickeln und später durch chondrale Ossifikation verknöchern. Einige entstehen auch direkt aus dem Mesenchym durch desmale Ossifikation. Die erste Anlage der Gliedmaßen ist die Extremitätenleiste, die zum Zeitpunkt der Entstehung der Kiemenbögen auftritt. Zunächst bilden sich die Extremitätenhöcker (Extremitätenknospen), die zu den flossenartigen Extremitätenstummeln heranwachsen, welche sagittal an der Körperwand anliegen und sich erst später in die Pronationsstellung drehen (RÜSSE und SINOWATZ 1991;

SCHNORR und KRESSIN 2001). Beim Pferd tauchen diese Knorpelanlagen der Gliedmaßenknochen laut histologischer Untersuchungen während des zweiten Trächtigkeitsmonats auf, daraufhin werden zunächst alle primären Ossifikationszentren angelegt, bevor die sekundären entstehen (ROSENBERG 1873; SAARNI 1921; SCHMIDT 1960). In den genannten Untersuchungen wurde weiterhin festgestellt, dass die Ossifikation von proximal nach distal fortschreitet, d. h. mit Skapula und Femur beginnt, jedoch mit der Ausnahme, dass die Ossifikationszentren der Fesselbeine vor denen der Griffelbeine und die der Hufbeine vor denen der Kronbeine auftreten. RÜSSE und SINOWATZ (1991) sowie SCHNORR und KRESSIN (2001) jedoch widersprechen diesem Auftreten der Ossifikation von proximal nach distal und beschreiben die Gesetzmäßigkeit, dass die primären Ossifikationskerne nach der Größe der Skelettelemente erscheinen, zuerst die Diaphysenkerne der großen Röhrenknochen und die Kerne der großen, platten Knochen des Gliedmaßengürtels und erst später die Kerne der kleineren Fußwurzelknochen sowie die der Epi- und Apophysen. Zum Zeitpunkt der Geburt sind bei sogenannten „Nestflüchtern“ wie dem Pferd fast alle Knochenkerne vorhanden (RÜSSE und SINOWATZ 1991). SCHMIDT (1960) stellt fest, dass das Ossifikationszentrum der Skapula gegen Ende des zweiten Trächtigkeitsmonats auftritt, was durch Untersuchungen von GUFFY et al. (1970) bestätigt wird, bei welchen die ersten Ossifikationszentren am 63. Tag der Gravidität zu erkennen sind. SAARNI (1921) beschreibt für den 130. Tag der Gravidität die Anwesenheit aller diaphysären Ossifikationszentren.

An den Wirbelkörpern finden sich drei primäre Knochenkerne, von denen die Ossifikation ausgeht, einer im Wirbelkörper und zwei am Ursprung der dorsalen Wirbelbögen. Es bilden sich zwei separate Knochenstücke aus. Wirbelkörper und Wirbelbogen sind beim Pferd ebenso wie beim Wiederkäuer bereits pränatal vereinigt, bei Schwein und Fleischfresser geschieht dies erst nach der Geburt. Die Epiphysenplatten besitzen genau wie die Dornfortsätze im Bereich des Widerristes und die Querfortsätze der Lendenwirbel sekundäre Ossifikationszentren. Erstere treten bei Pferd und Wiederkäuer wiederum bereits ante partum auf, verschmelzen jedoch erst nach zwei bis sieben Jahren mit dem Hauptstück der Wirbelkörper (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001). Die Wirbel des Kreuzbeins sind zunächst als einzelne Wirbel angelegt, die sich erst nach der Geburt unter Verknöcherung der Zwischenwirbelscheiben zum Os sacrum vereinigen (RÜSSE und SINOWATZ 1991).

Die Verknöcherung der Rippen vollzieht sich von einem Ossifikationzentrum von dorsal nach ventral. Zusätzliche kleine Kerne (Apophysen) befinden sich im Tuberculum costae und im Capitulum costae. Die Verknöcherung in diesen Teilen der Rippen findet erst nach der Geburt statt, so dass auch ihre Vereinigung mit der übrigen Rippe erst sehr spät erfolgt (RÜSSE und SINOWATZ 1991; SCHNORR und KRESSIN 2001).

4.3 Ultrasonographische Diagnostik in der gynäkologischen Untersuchung des Pferdes

4.3.1 Feststellung der Gravidität

PALMER und DRIANCOURT waren bereits 1980 mit den damals verfügbaren Geräten in der Lage, am 14. Tag eine sehr genaue Trächtigkeitsdiagnose zu stellen. Untersuchungen von GINTHER (1986) zufolge war es ab dem neunten Tag der Trächtigkeit möglich, mit einem 5,0- bzw. 7,5-MHz-Schallkopf eine Fruchtblase im Uterus auszumachen. Der Konzeptus musste dafür einen Durchmesser von 3-5 mm erreicht haben. Am siebten und achten Tag der Gravidität konnte noch keine Fruchtblase sichtbar gemacht werden, am neunten Tag bei 10% der Stuten, am zehnten Tag bei 70% und am elften Tag gelang dies bei 98% der untersuchten Stuten. Es war dabei kein Unterschied zwischen Großpferden und Ponies festzustellen, weder bezüglich der Größe des Konzeptus noch des Tages der ersten Trächtigkeitsfeststellung. Auch laut KÄHN (1991) konnte eine Gravidität zwischen dem neunten und dem 13. Tag erstmals erkannt werden, abhängig von dem Auflösungsvermögen und der Frequenz des verwendeten Ultraschalls. Am 14. Tag war dann bei allen trächtigen Stuten eine positive Aussage möglich (KÄHN und LEIDL 1984).

Der junge Konzeptus zeigt sich als anechogene, kugelige Struktur auf dem Ultraschallbild mit einem hyperechogenen Strich am dorsalen und ventralen Rand, der auf die Schallreflexion an den senkrecht zu den emmitierten Schallwellen stehenden Grenzflächen zurückzuführen ist. Es handelt sich hierbei nicht um die Keimscheibe, wie teilweise fehlinterpretiert wird; diese ist sonographisch nicht darstellbar (GINTHER 1995).

4.3.2 Wanderung und Einnistung des Konzeptus

Der Konzeptus zeichnet sich in den ersten Tagen nach seinem Eintreten in den Uterus, etwa am sechsten Tag, durch seine hohe Mobilität aus, bis er sich am 15. Tag bei Ponies und am 16. Tag

bei Großpferden einnistet (LEITH und GINTHER 1984; GINTHER 1992). Die Fruchtblase ist bis zum elften Tag häufiger im Corpus uteri zu finden, nach dem elften Tag vermehrt in den Uterushörnern (LEITH und GINTHER 1984). Am elften oder zwölften Tag erreicht der Konzeptus seine maximale Mobilität. Er durchquert bis zum Tage der Einnistung den gesamten Uterus bis zu 20 Mal pro Tag (GINTHER 1984; GINTHER 1985). Diese Wanderung des Konzeptus ist essentiell für die Erhaltung des Gelbkörpers und damit der Trächtigkeit (GINTHER 1992).

Die Einnistung erfolgte nach Untersuchungen von GINTHER (1986) im Uterushorn nahe der Bifurkation. Bei nichtlaktierenden und Maidenstuten geschah dies häufiger im rechten Horn, zu 59 bzw. 67% (GINTHER 1983a; GINTHER 1983c), bei Stuten in der postpartalen Phase zu 82% im vorher nicht graviden Horn (ALLEN und NEWCOMBE 1981).

4.3.3 Wachstum und Morphologie des Konzeptus

Zwischen dem zehnten und dem 16. Tag ist ein lineares Wachstum der Fruchtblase von etwa 3,4 mm pro Tag (beginnend mit etwa 3 mm am zehnten Tag) festzustellen. Es folgt zwischen dem 18. und dem 26. Tag ein Plateau und ab dem 28. bis zum 45. Tag wieder ein lineares Wachstum von etwa 1,8 mm pro Tag (GINTHER 1983b). Diese scheinbare Wachstumsunterbrechung ist auf die vermehrte Hypertrophie und Kontraktion der Uteruswand zurückzuführen und ist in vitro nicht feststellbar, so dass es wahrscheinlich zu einer Ausbreitung längs des Uteruslumens kommt, die aufgrund der Untersuchungstechnik mit der Ultraschallsonde (quer zum Uteruslumen) nicht festgestellt wird (GINTHER 1992). Hinzu kommt das Nachlassen der Festigkeit der Fruchtblase und ihrer Wand ab dem 16. Tag, was es ihr ermöglicht, sich den Gegebenheiten des Uteruslumens anzupassen (GINTHER 1983b). Die Form der Fruchtblase verändert sich daher auch im Ultraschallbild. Sie ist zunächst etwa bis zum 16. Tag rund, wird dann oval und dreieckig und ab dem 21. Tag vorwiegend unregelmäßig (GINTHER 1986).

Während MCKINNON et al. (1993) den Embryo im Ultraschallbild erstmals zwischen dem 20. und 25. Tag sichtbar machen konnten, beschrieb GINTHER (1995) diesen bereits für den 18. bis 24. Tag. In der Regel erscheint er am ventralen Rand der Fruchtblase als kleiner echogener Fleck von etwa 4 mm Größe.

Die Allantois ist ab dem 24. Tag (MCKINNON et al. 1993) erkennbar, nach Untersuchungen von GINTHER (1995) bereits ab dem 22. bis 26. Tag (Mittelwert: 24. Tag). Von diesem Zeitpunkt an wächst sie stetig, wohingegen der Dottersack nur langsam an Größe abnimmt, was dazu führt, dass der Embryo vom ventralen Pol der Fruchtblase zum dorsalen Pol aufsteigt. Die morphologischen Veränderungen sind für die Altersschätzung der Frucht in dieser Zeit sehr hilfreich. Am 27. Tag befindet sich der Embryo im unteren Drittel, am 29. Tag in der Mitte zwischen ventralem und dorsalem Pol, am 33. Tag im oberen Drittel, und am 40. Tag ist er schließlich am dorsalen Pol angelangt (KÄHN 1991; GINTHER 1995).

Tag 39 wird in der Literatur als das Ende der Embryonalphase und Tag 40 als Beginn der Fetalphase bezeichnet (GINTHER 1992). Zu diesem Zeitpunkt beginnt sich am dorsalen Pol die Nabelschnur zu formen, an deren Ende der Fetus wieder zum Boden der Fruchtblase herabsinkt (KÄHN und LEIDL 1984). Am 45. Tag befindet er sich etwa auf der Hälfte, am 50. Tag hat er den ventralen Pol wieder erreicht (BERGFELD et al. 1998).

4.4 Fetometrie

Die ersten Bestrebungen, das Alter von Feten anhand von Längenmessungen zu bestimmen, gehen bis in das 19. Jahrhundert zurück (GURLT 1860). Bevor die Ultrasonographie als nicht-invasives diagnostisches Mittel zur Verfügung stand, wurden Altersschätzungen vorwiegend an abortierten, mumifizierten oder mazerierten Feten bzw. nach der Schlachtung oder bei Obduktionen vorgenommen. Folglich dienten sie nicht der pränatalen Diagnostik, sondern in erster Linie forensischen Zwecken (GJESDAL 1969; HÖFLIGER und RÜEDLINGER 1976).

4.4.1 Ultrasonographische Fetometrie beim Pferd

Die sonographische Vermessung von Pferdefeten soll die Möglichkeit bieten, bei ungewissem Bedeckungszeitpunkt eine Aussage über den zu erwartenden Geburtszeitpunkt zu machen, was insbesondere für die Geburtsüberwachung nützlich ist. Größenmessungen helfen, auch pathologische Zustände zu erkennen, die sich häufig in Größenabweichungen bemerkbar machen (KÄHN und LEIDL 1987). Erste Erkenntnisse auf dem Gebiet der ultrasonographischen Beurteilung ungeborener Fohlen gewannen O'GRADY et al. (1981) durch transabdominale Untersuchung zweier Stuten und diskutierten schon damals über die Möglichkeit, mit zunehmender Er-

fahrung das Alter und das Gewicht des Fetus abschätzen sowie Anomalien diagnostizieren zu können.

Während in der Humanmedizin die Ultraschalluntersuchungen schwangerer Frauen vorwiegend der Bestimmung des Alters des Kindes, der Feststellung von Missbildungen und der Kontrolle des ordnungsgemäßen Wachstums dienen, konzentriert man sich bisher in der Ultraschalldiagnostik bei tragenden Stuten hauptsächlich auf die Feststellung der Trächtigkeit als solche und die Erkennung von Mehrlingsgraviditäten, da in den meisten Fällen der Deck- bzw. Besamungszeitpunkt bekannt ist. Durch die Verbesserung der medizinischen Versorgung kranker neugeborener Fohlen ist jedoch in den letzten Jahren die Notwendigkeit klargeworden, in der Veterinärmedizin ebenfalls Beurteilungsmöglichkeiten für den Gesundheitsstatus des Fetus zu entwickeln. Durch die Erkennung kranker und unterentwickelter Feten könnte die medizinische Versorgung des Neugeborenen entscheidend verbessert werden (MCGLADDERY 1998).

Bezüglich der Untersuchungsmethode vertrat MCGLADDERY (1998) die Meinung, dass sich beim Pferd der transrektale Zugang nur bis zum 60.-80. Tag für eine sinnvolle Untersuchung des Fetus eignet. Daher wurde meistens aufgrund der besseren Beurteilungsmöglichkeit der transkutane Weg ausgehend vom Unterbauch der Stute gewählt, außer bei der Vermessung des Auges und bei der Geschlechtsbestimmung. SCHOTT (1993) gab darüber hinaus zu bedenken, dass der transkutane Weg der schonendere sei, da die Untersuchung oft 15-30 Minuten beanspruchte. KÄHN und LEIDL (1987) belegten jedoch durch ihre Untersuchungen auf transrektalem Weg, dass sich dieser durchaus für die Biometrie verschiedener fetaler Körperteile eignet. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass fetometrische Messungen beim Pferdefetus aufgrund seiner Größe, z. B. im Vergleich zum Menschen, zum Teil nicht oder nur während eines bestimmten Zeitrahmens durchführbar sind.

4.4.1.1 Die Scheitel-Steiß-Länge

Die Scheitel-Steiß-Länge (SSL) wurde zwischen dem höchsten Punkt des Kopfes und der Schwanzbasis gemessen. Zwischen dem 21. und dem 39. Tag war es schwer, die Ultraschallsonde immer genau longitudinal zum Embryo auszurichten, so dass die SSL während dieser Zeit ein unzureichendes Kriterium für die Altersschätzung darstellte (GINTHER 1995). Es bestand weder ein signifikanter Unterschied in der SSL zwischen Ponies und Großpferden bis zum

45. Tag (GINTHER 1995) noch zwischen männlichen und weiblichen Embryos zwischen dem elften und 40. Tag sowie zwischen männlichen und weiblichen Feten zwischen dem 57. und 89. Tag der Trächtigkeit (GINTHER 1992).

Die SSL des Pferdefetus lag nach Messungen von KÄHN (1991) am 45. Tag bei 25 mm und wuchs bis zum 60. Tag auf 40 mm heran. GINTHER (1995) bezifferte das mittlere Wachstum des Fetus in der frühen fetalen Phase auf 1,7 mm pro Tag bei einer SSL von 24 mm am 40. Tag. Um den 80. Tag betrug die SSL bereits über 100 mm (EVANS und SACK 1973), folglich bestand die Schwierigkeit, den gesamten Fetus für die Vermessung auf dem Bildschirm abzubilden.

4.4.1.2 Der Kopf

Der Augapfel war durch seine Größe und seine Erreichbarkeit während der gesamten Trächtigkeit ein geeignetes Organ für transrektale fetometrische Messungen (KÄHN und LEIDL 1987; BUCCA et al. 2005). Er setzte sich durch seine weitgehend echoarme Struktur gut von der umgebenden echointensiven Orbita ab. Diese deutliche Grenze wurde als Messpunkt genutzt. Im vorderen Bereich konnten als echointensive Strukturen die Vorder- und Rückwand der Linse ausgemacht werden (KÄHN und LEIDL 1987). Die Untersuchungen von KÄHN und LEIDL (1987) ergaben ein lineares Wachstum des Augapfels, sowohl gemessen an seinem größten Durchmesser (Längsdurchmesser) als auch an dem dazu senkrecht stehenden Querdurchmesser. Ersterer besaß dabei eine sehr enge Korrelation ($r = 0,95$, $P \leq 0,01$) zum Stadium der Trächtigkeit, die des Querdurchmessers war etwas weniger eng ($r = 0,91$, $P \leq 0,01$), so dass das Auge als gut geeignet für die Altersschätzung beurteilt wurde. PANTALEON et al. (2003) verwendeten in ihrer Studie das Augenvolumen, errechnet aus Augenbreite x Augenbreite x Augenlänge.

Des Weiteren konnte am Kopf bis einschließlich des achten Monats die Schädelhöhle ultrasonographisch vermessen werden. Nach dem achten Monat waren einerseits die Schädelknochen soweit verknöchert, dass sie die Schallwellen zu stark absorbierten und die Darstellung der Schädelhöhle nicht mehr zuließen. Andererseits war es aufgrund der zunehmenden Größe schwierig, den gesamten Kopf in einem Bildausschnitt auf dem Monitor zu erfassen. Der größte Durchmesser der Schädelhöhle nahm am Anfang in geringerem Maße an Länge zu als in der fortgeschrittenen Gravidität und besaß eine enge Korrelation zum Trächtigkeitstag ($r = 0,90$,

$P \leq 0,01$). Der dazu senkrecht stehende Querdurchmesser wies mit $r = 0,87$, $P \leq 0,01$ ebenfalls eine hohe Korrelation zum Gestationsstadium auf (KÄHN und LEIDL 1987).

4.4.1.3 Der Hals

Aufgrund ihrer Struktur war die Trachea in der Ultraschalluntersuchung gut zu erkennen. Die Knorpelspangen zeigten sich im Anschnitt in zwei übereinander liegenden Reihen, dazwischen lag rohrförmig ihr echoarmer, flüssigkeitsgefüllter Innenraum (KÄHN und LEIDL 1987).

Die Wirbelsäule stellte sich sowohl im Halsbereich als auch in der Brust-, Bauch- und Beckenregion im Ultraschallbild sehr deutlich dar. Die Ossifikationszonen von Wirbelbogen und -körper zeigten sich als ovale, echointensive Scheiben und umschlossen den echoarmen Rückenmarkskanal. An der schallkopf-abgewandten Seite zogen Schallschatten in die Tiefe. Ab dem achten Monat lag jedoch der Bereich des Abdomens und ab dem zehnten Monat der Brustkorb nicht mehr in transrektaler Reichweite der Ultraschallwellen (KÄHN und LEIDL 1987). Eine Beschreibung der Wachstumskurve sowie der Korrelation der Wirbelkörpergröße zum Zeitpunkt der Trächtigkeit lag nicht vor.

4.4.1.4 Der Thorax

Die den Brustkorb begrenzenden Rippen stellten sich bei horizontaler Schnittebene im Ultraschallbild als charakteristische Scheibchen von hoher Echogenität dar, die in Form eines Kegelspitzen angeordnet waren. Wie bei den Wirbeln entsprangen von den Rippen Schallschatten durch die Absorption der Ultraschallwellen (KÄHN und LEIDL 1987). Die Rippen waren sonographisch ab dem 48.-51. Tag auszumachen (GINTHER 1995). Die Vermessung in der Studie von KÄHN und LEIDL (1987) erfolgte im mittleren Brustkorbbereich, da die vorderen Rippen sowohl einen größeren Durchmesser zu haben schienen als auch einen größeren Abstand zueinander. Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, erfassten die Autoren den gradlinigen Abstand von drei bis fünf Rippen einschließlich der Zwischenräume und dividierten diesen Wert durch die Anzahl der gemessenen Rippen. Die errechnete Größe einer Rippe und des angrenzenden Interkostalraumes nahm hiernach bis zum achten Monat der Gravidität linear zu.

Das Herz war mittels Ultraschall als Pulsieren weniger Lichtpunkte auf dem Monitor ab der fünften Woche darstellbar (KÄHN und LEIDL 1984). Übereinstimmende Angaben findet man

bei ALLEN und GODDARD (1984), die das Herz erstmals um den 24. Tag ausmachen konnten, wobei MCKINNON (1993) anmerkte, dass bereits am Tage der Sichtbarwerdung des Embryos das Herz mit neueren Geräten erkennbar sei. Ab dem 90. Tag der Gravidität konnten schließlich die anechogenen Kammern und die Herzklappen in ihrer Funktion identifiziert werden, ab dem 120. Tag waren die großen herznahen Gefäße erkennbar (KÄHN und LEIDL 1984).

Im Laufe der Trächtigkeit zeigte die basale Herzfrequenz des Fetus eine deutlich abnehmende Tendenz, wohingegen die der Stute gegen Ende der Trächtigkeit anstieg. Beim Fetus lag sie im dritten Trächtigkeitsmonat etwa bei 150-190 Schlägen pro Minute, im siebten Monat bei 100-110 Schlägen pro Minute und gegen Ende der Trächtigkeit bei 60-80 Schlägen pro Minute (COLLES et al. 1978; MATSUI et al. 1984; PIPERS und ADAMS-BRENDEMUEHL 1984; MATSUI et al. 1985; ADAMS-BRENDEMUEHL und PIPERS 1987; KÄHN und LEIDL 1987). MATSUI et al. (1984) begründeten diesen Abfall der Herzfrequenz mit einem ansteigenden Parasympathikotonus des Fetus. ADAMS-BRENDEMUEHL und PIPERS (1987) stellten bei ihren Untersuchungen an Stuten zwischen dem 300. Trächtigkeitstag und der Geburt fest, dass fetale Körperbewegungen die fetale Herzfrequenz, die in Ruhe bei 76 ± 8 Schlägen pro Minute lag, für eine Dauer von 23-36 Sekunden um 25-40 Schläge pro Minute steigerten. Diese Phasen von gesteigerter Herzfrequenz traten beim Fetus mit fortschreitender Trächtigkeit vermehrt auf, etwa sechs mal pro Stunde im zehnten und 20 mal pro Stunde im elften Trächtigkeitsmonat (FRASER et al. 1975) und trugen maßgeblich dazu bei, dass die Herzfrequenz trotz linearer Abnahme keine genaue Vorhersage des Geburtstermins zuließ (PIPERS und ADAMS-BRENDEMUEHL 1984; KÄHN und LEIDL 1987). Die Erfassung der Herzfrequenz mittels Ultraschall besaß aber durchaus klinische Relevanz, beispielsweise wenn die Gesundheit des Fetus aufgrund einer Störung während der Gravidität, einer Kolik, Verletzung oder Narkose der Stute bzw. einer Schweregeburt gefährdet war oder in Frage stand; sie war einer elektrokardiographischen Untersuchung vorzuziehen (PIPERS und ADAMS-BRENDEMUEHL 1984).

4.4.1.5 Das Abdomen und das Becken

Der Rumpfquerschnitt, gemessen auf Höhe der Leber und des Magens als geradlinige Verbindung zwischen den beiden Bauchwänden, betrug am 60. Tag der Gravidität etwa 25 mm und um den 150. Tag etwa 80-100 mm. Eine spätere Erfassung war aufgrund der begrenzten Eindringtiefe nicht mehr möglich. Der Rumpfquerschnitt stellte aber bis zum 150. Tag durch seine hohe

Korrelation zum Trächtigkeitszeitpunkt ($r = 0,95$, $P \leq 0,01$) neben dem Augapfel den zuverlässigsten Parameter zur Schätzung des Alters einer Frucht dar (KÄHN und LEIDL 1987).

Kaudal der letzten Rippe war der anechogene Magen durch seine Größe und seine ovale, magentypische Form einfach zu erkennen. Er lag der mäßig echogenen Leber an, die von Blutgefäßen durchzogen wird. Die Leber war ultraschall-biometrisch nicht von Bedeutung, wohingegen der größte Innendurchmesser des Magens im Laufe der Trächtigkeit linear zunahm und eine recht enge Korrelation zum Graviditätszeitpunkt besaß ($r = 0,76$, $P \leq 0,01$), also für die Altersbestimmung infrage kam (KÄHN und LEIDL 1987).

Die Vena cava caudalis war im vorderen Bauchraum deutlich als anechogener Strang erkennbar, der eine dünne, stark echogene Wand besaß; das Gefäß zog zunächst durch die Leber hindurch und dann am Magen vorbei (KÄHN und LEIDL 1987; MCGLADDERY 1998). Um den 110. Trächtigkeitstag besaß sie einen Innendurchmesser von 4-5 mm, um den 130. Tag von 5-6 mm und um den 150. Tag von 8-9 mm (KÄHN und LEIDL 1987).

Ebenfalls im Bauchraum und durch ihre Pulsation und die echogenen Gefäßwände gut erkennbar lag die Aorta (MCGLADDERY 1998; BUCCA et al. 2005). Sie besaß an ihrem Austritt aus dem Herzen den größten Durchmesser, der sich mit zunehmendem Abstand zum Herzen langsam verjüngte (MCGLADDERY 1998). ADAMS-BRENDEMUEHL und PIPERS (1987) haben in ihrer Studie in den letzten sieben Tagen der Trächtigkeit transabdominal den Durchmesser während der Systole kaudal des Herzens gemessen, der eng mit dem Gewicht und dem Umfang des Fohlens post partum korrelierte. Abweichungen bei der Vorhersage des Geburtsgewichtes lagen bei $\pm 3,49$ kg. Am 300. Tag betrug der Aortendurchmesser bei Feten aus Vollblut- und Quarter Horse Stuten 2,1 cm und gegen Ende der Trächtigkeit 2,7 cm, wohingegen bei Feten aus Kaltblutstuten geringfügig größere Werte gemessen (2,8-2,9 cm) und bei Araberfeten geringfügig kleinere Werte vermutet wurden (ADAMS-BRENDEMUEHL 1990). In gleicher Weise untersuchten auch PANTALEON et al. (2003) das Wachstum der fetalen Aorta, wobei sie zwischen dem 130. Tag der Trächtigkeit und der Geburt eine lineare Beziehung zwischen dem Aortendurchmesser und dem Gestationstag fanden.

Im Beckenbereich wurde der anechogene Urachus sichtbar. Er lag dem Genitaltuberkel männlicher Feten benachbart und war somit hilfreich bei der Geschlechtsdiagnose (CURRAN und

GINTHER 1989). Ultraschall-biometrische Erkenntnisse lagen zum Zeitpunkt der Anfertigung der vorliegenden Arbeit über den Urachus nicht vor.

Die Nabelschnur des Pferdes zeigte im Gegensatz zu der des Rindes nur drei Gefäßanschnitte, den der Vena umbilicalis und der beiden Arteriae umbilicales, die sich auf dem Ultraschallbild als anechogene Strukturen abbildeten und von echogenem Gewebe umschlossen wurden. Die Nabelschnur flotierte in den Fruchtwässern und war von Zeit zu Zeit pulsierend im Ultraschallbild zu sehen (KÄHN und LEIDL 1987; CURRAN und GINTHER 1993), jedoch ist sie bisher nicht ultraschallbiometrisch beurteilt worden. Die Stelle des Kontaktes der Nabelschnur mit der Gebärmutterwand war identisch mit dem Ort der Einnistung des Konzeptus und daher in einem der beiden Uterushörner nahe der Bifurkation gelegen (GINTHER 1992). Ihre Eintrittsstelle am Unterbauch des Fetus diente als Orientierungshilfe bei der Geschlechtsbestimmung (CURRAN und GINTHER 1989; CURRAN und GINTHER 1991; CURRAN 1992a; CURRAN 1992b; CURRAN und GINTHER 1993; CURRAN 1998; MERKT et al. 1999; RENAUDIN et al. 1999; MERKT und DE ANDRADE MOURA 2000; RENAUDIN 2000; MARI et al. 2002).

4.4.1.6 Die Extremitäten

Die langen Röhrenknochen der Vorder- und Hinterextremitäten des Fetus wurden auf dem Ultraschallbild als stäbchenförmige, echohelle Strukturen sichtbar, sobald im Bereich der Diaphysen die Verknöcherung weit genug fortgeschritten war. Dabei zeigten sie die für Knochengewebe charakteristische Schallreflexion und -absorption. Die Vermessung erfolgte zwischen den Enden der Diaphyse in der größten Längenausdehnung (KÄHN 1991).

Das Darmbein (Os ilium) und das Sitzbein (Os ischii) konnten im Längsschnitt als mäßig gekrümmte Strukturen ausgemacht werden, die in ihrer Echogenität den anderen knöchernen Skelettelementen glichen (KÄHN und LEIDL 1987). Bisher wurden die beiden Knochen jedoch nicht ultraschallbiometrisch erfasst und ihre Eignung für die Vorhersage des Geburtszeitpunktes nicht beurteilt.

4.4.1.7 Die Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)

Die Messung der CTUP (= Combined thickness of uterus and placenta) erfolgte nach RENAUDIN et al. (1997) bei der transrektalen Untersuchung am günstigsten in dem Bereich der Ver-

bindung von Cervix und Plazenta an der ventralen Wand des Corpus uteri. Dabei konnten Chorioallantois und Uteruswand im Ultraschallbild nicht voneinander unterschieden werden.

Untersuchungen von ADAMS-BRENDEMUEHL und PIPERS (1987) zeigten, dass die Messung der CTUP keine Aussage über das Alter des Fetus zuließ. Weiterhin stellten die Autoren RENAUDIN et al. (1997) fest, dass sich die CTUP zwischen dem vierten und dem achten Trächtigkeitsmonat nicht veränderte, wohingegen sie zwischen dem zehnten und zwölften Monat signifikant zunahm. Die Messung der CTUP war nach ihrer Meinung ein wertvolles diagnostisches Mittel bei der Untersuchung von Risikoträchtigkeiten, insbesondere zur Evaluation der Plazenta, ließ aber keine Vorhersage des Geburtszeitpunktes zu. Dennoch wurde bei Stuten, die den errechneten Geburtszeitpunkt um mehr als fünf Tage überschritten, eine CTUP erhoben, die kleiner als das 95% Konfidenzintervall war. Diese Feststellung bedarf allerdings weiterer Untersuchungen.

4.4.2 Geschlechtsbestimmung beim Pferdefetus

Das Genitaltuberkel (Tuberculum genitale = TG) stellte sich im Ultraschallbild hyperechogen dar, war zunächst bilobulär, ähnlich einer Kaffeebohne (MERKT und DE ANDRADE MOURA 2000) und ab dem 80. Tag trilobulär (CURRAN und GINTHER 1989; RENAUDIN 2000). Es stellte die früheste Struktur dar, an der man das fetale Geschlecht erkennen konnte. Bereits um den 60. Tag konnte anhand seiner Lokalisation, beim weiblichen Fetus nahe des Schwanzes und beim männlichen Fetus unmittelbar kaudal des Nabels, auf das Geschlecht geschlossen werden. Als geeignete Untersuchungstechnik bot sich ein „Abfahren“ des Fetus im Querschnitt von kranial nach kaudal an, so dass zunächst der Kopf, dann das schlagende Herz, die ansetzende Nabelschnur, das Abdomen, die Hinterbeine und schließlich der Schwanzbereich gezielt untersucht werden konnten.

Eine Untersuchung im Sagittalschnitt war ebenfalls möglich, jedoch hinsichtlich der Orientierung und der genauen Ausrichtung des Ultraschallkopfes oft sehr viel schwieriger (CURRAN und GINTHER 1989; GINTHER 1995). Sie ermöglichte jedoch im Gegensatz zum Querschnitt die Abstandsmessung zwischen TG und Nabelschnur.

Bis zum 50. Tag befand sich das TG zwischen den Hinterbeinen und konnte daher noch nicht einem bestimmten Geschlecht zugeordnet werden. Der mit der Differenzierung zur Klitoris und

zum Penis einhergehende Ortswechsel in die Nähe des Schwanzes bzw. des Nabels ermöglichte aber eine Diagnose von hoher Genauigkeit. Während das TG beim ersten Auffinden zwischen dem 40. und 54. Tag der Gravidität nicht mehr als 2 mm im Durchmesser erreicht hat, wuchs es nach dem 50. Tag deutlich in die Länge. Zwischen dem 59. und dem 68. Tag war schließlich der optimale Zeitpunkt für die Geschlechtsbestimmung, da das TG gut erreichbar und korrekt der jeweiligen Lokalisation zuzuweisen war (CURRAN und GINTHER 1989; CURRAN 1992b). Übereinstimmend empfahlen auch MERKT und DE ANDRADE MOURA (2000) eine Untersuchung zwischen dem 60. und 70. Tag der Gravidität, HOLDER (2000) weitete den Zeitraum auf den 60. bis 75. Tag aus. Die Lokalisation des TG war zwar bei günstiger Lage des Fetus nach Ansicht von CURRAN und GINTHER (1989) auch zwischen dem 69. und dem 97. Tag noch eindeutig zu diagnostizieren, es war aber bereits in einigen Fällen aufgrund von mangelnder Erreichbarkeit und Schallschattenbildung durch Knochen keine Diagnose des Geschlechts möglich. Misserfolge vor dem 53. Tag waren hingegen auf die geringe Größe des Fetus bzw. auf die noch intermediäre Position des TG zurückzuführen (CURRAN und GINTHER 1989; MERKT et al. 1999). Des Weiteren musste auch die Größe der Mutterstute und die Armlänge des Untersuchers bei der Aufstellung dieser Zeiträume beachtet werden (CURRAN und GINTHER 1991). Untersuchungen von CURRAN und GINTHER (1993) ergaben, dass auch noch im fünften und sechsten Monat eine transrektale sonographische Geschlechtsbestimmung unabhängig von der Lage des Fetus in den meisten Fällen möglich war und ein zutreffendes Ergebnis lieferte, im siebten bis elften Monat jedoch nur noch in wenigen Einzelfällen, in denen der Fetus sich in Hinterendlage befand.

Transabdominale ultrasonographische Untersuchungen führten RENAUDIN et al. (1999) zwischen dem 100. Trächtigkeitstag und der Geburt durch. Die gestellten Diagnosen waren in allen Fällen korrekt. Die sich aus der Studie ergebende optimale Zeitspanne für den transabdominalen Weg war der 100. bis 220. Tag. Später waren sowohl der Penis, das Präputium und die Hoden als auch die Mamma und die Ovarien der Feten nur noch schwer zu identifizieren, da ab diesem Zeitpunkt der Fetus meist in unterer Stellung im Uterus lag und damit die relevanten Strukturen zu weit von der Bauchwand entfernt waren.

MERKT et al. (1999) vertraten die Meinung, dass das Erkennen eines männlichen Fetus aufgrund eines etwas größeren TG einfacher war, wohingegen in Untersuchungen von CURRAN und GINTHER (1989) die männlichen Feten zu 97% und die weiblichen zu 100% erkannt wer-

den konnten. Jedoch muss angemerkt werden, dass letztere Studie durch einen sehr erfahrenen Untersucher unter optimalen Bedingungen vorgenommen wurde. Darüber hinaus empfahlen MERKT et al. (1999) zur Schonung des Patienten und zur Verbesserung der diagnostischen Aussage die Aufzeichnung auf Video, da teilweise aufgrund fetaler Bewegungen nur ein flüchtiger Blick auf den Bereich des TG möglich war.

Nach dem 80. Trächtigkeitstag war bei männlichen Feten kaudal des Nabels der Penis auszumachen, der sich im Ultraschallbild aus drei parallelen echogenen Linien zusammensetzte, von denen sich die mittlere etwas schwächer abbildete (CURRAN und GINTHER 1989). Dieses trilobuläre, hyperechogene Bild fand sich in gleicher Weise bei der Klitoris weiblicher Feten in der Perinealgegend distal des ebenfalls hyperechogenen Anus. Angesichts der steigenden Komplexität und der Umformung zu Labien bzw. Präputium sollte der Terminus Genitaltuberkel nach dem 80. Tag nicht mehr verwendet, sondern durch den Begriff „äußere Genitalien“ ersetzt werden (GINTHER 1995). Später hatte der Penis, der dann dem Körper nicht mehr eng anlag, sondern frei pendelte, im Querschnitt eine rundliche bis dreieckige Form, wobei sich der Kern stärker echogen abzeichnete als das umgebende Gewebe (CURRAN und GINTHER 1993; RENAUDIN et al. 1999).

Die Mamma des weiblichen Fetus stellte sich etwa ab dem 90. Tag der Trächtigkeit ultrasonographisch als bilobuläre, dreieckige, hyperechogene Struktur zwischen den Hinterbeinen dar, die mit dem Alter des Fetus an Echogenität zunahm und an der häufig auch die Zitzen erkannt werden konnten (CURRAN und GINTHER 1993; GINTHER 1995; HOLDER 2000). Die Zitzen waren meist erst ab dem 118. Tag zu finden (RENAUDIN et al. 1999).

Die Gonaden des Pferdefetus, die sich bei der Ultraschalluntersuchung als ovale, mäßig echogene und gleichmäßig granuliert darstellten, hatten durch eine große Anzahl an Interstitialzellen ungewöhnliche Ausmaße. Sie erreichten ihr größtes Gewicht um den 250. Tag, wobei ihre Größe sogar die der maternalen Ovarien zum selben Trächtigkeitszeitpunkt überschritt. Das Gewicht ging dann auf etwa ein Zehntel des ursprünglich erreichten Wertes zurück und betrug zum Zeitpunkt der Geburt bei Pferdefohlen 10-20 g und bei Ponyfohlen 5 g (COLE et al. 1933; WESSON und GINTHER 1980; PIPERS und ADAMS-BRENDEMUEHL 1984; GINTHER 1992). Nach RÜSSE und SINOWATZ (1991) beginnen die fetalen Gonaden im vier-

ten Trächtigkeitsmonat zu wachsen. Im fünften und sechsten Monat der Gravidität erreichen sie mit 5-7 cm Länge die zweifache Größe der Stutenovarien und ein Gewicht von bis zu 150 g.

Infolge eines sehr späten Descensus testis (siehe Seite 19) eigneten sich die Hoden des Pferdefoetus' nach Ansicht von MERKT et al. (1999), anders als die der Rinderfeteten, nicht für die Geschlechtsbestimmung. Im Gegensatz dazu verwiesen RENAUDIN et al. (1999) in ihrer Studie über Untersuchungen zwischen dem 100. Trächtigkeitstag und der Geburt auf die deutlichen Unterschiede der männlichen und weiblichen Gonaden im sonographischen Bild. Die Hoden hatten eine ovale Form, waren je nach Alter 2-7 cm lang, besaßen eine Echogenität ähnlich derjenigen der fetalen Leber und wiesen zentral einen longitudinalen echogenen Strich auf. Die Ovarien waren zwar in Form und Größe analog, jedoch zeigten sie zwischen dem 100. und 134. Tag der Gravidität ein charakteristisches zirkuläres Echo mit einem hyperechogenen Zentrum in dem ebenfalls homogenen, echogenen Gewebe. Die morphologische Bedeutung dieses zirkulären Echos ist bisher noch nicht näher untersucht worden.

Das Skrotum war nach CURRAN und GINTHER (1993) zu keinem Zeitpunkt im Ultraschallbild auszumachen, jedoch war die anogenitale Raphe durch ihre hyperechogene Struktur sehr deutlich zwischen der Penisbasis und dem Perineum zu erkennen (CURRAN 1998). RENAUDIN et al. (1999) hingegen konnten bei ihren transabdominalen Untersuchungen das leere Skrotum zwischen den Hinterbeinen darstellen.

Die Bestimmung des fetalen Geschlechts könnte beispielsweise im Rahmen einer Kaufuntersuchung entscheidend und sogar wertbestimmend sein. Nachdem im angelsächsischen Ausland die Geschlechtsdiagnose bereits routinemäßig bei teuren Pferden gewünscht wird, ist davon auszugehen, dass dies auch hier zunehmend der Fall sein wird. Bisherige Erfahrungen mit der transrektalen ultrasonographischen Geschlechtsbestimmung haben gezeigt, dass die längere Untersuchungsdauer keine Belastung für die Trächtigkeit darstellte, und dass die Abortraten sich nicht von Stuten unterschieden, die im selben Zeitraum nicht sonographisch untersucht worden waren (MERKT et al. 1999; RENAUDIN et al. 1999; HOLDER 2000; MERKT und DE ANDRADE MOURA 2000). Während die transrektale Methode generell das Risiko einer Perforation in sich birgt, ist der transabdominale Weg gefahrloser und kann auch bei Stuten kleiner Ponyrassen angewendet werden. Darüber hinaus spielt die Untersuchungsdauer bei der transabdominalen

Fetometrie eine weniger große Rolle als bei der transrektalen Vorgehensweise (RENAUDIN et al. 1999).

4.4.3 Erreichbarkeit fetaler Anteile beim Pferd

Mittels der transrektalen Sonographie wurde von KÄHN und LEIDL (1987) bei Stuten zwischen dem 60. und 335. Tag der Gravidität mit einem 5,0 MHz-Linearschallkopf die Möglichkeit der Fetometrie untersucht. In 24,7% der Fälle konnte der Fetus nicht erreicht werden, wobei die meisten erfolglosen Untersuchungen am Ende des dritten Trächtigkeitsmonats und auch noch im vierten Monat zu verzeichnen waren. Durch die noch recht geringe Größe des Fetus einerseits und die bereits beträchtliche Ausdehnung der Gebärmutter nach kranio-ventral andererseits war die Erreichbarkeit eingeschränkt.

Die Feten befanden sich ab dem neunten Monat der Gravidität fast ausschließlich in Vorderendlage (VANDEPLASSCHE und LAUWERS 1986; GRIFFIN und GINTHER 1991; GINTHER und GRIFFIN 1993). Infolge dessen war die Erreichbarkeit des Kopfes bis zum Ende der Trächtigkeit gegeben, wohingegen der Brustkorb nur bis zum zehnten Monat und der Bauch nur bis zum achten Monat ultrasonographisch untersucht werden konnten (KÄHN und LEIDL 1987).

KÄHN und LEIDL (1987) wiesen schon früh auf die zu erwartenden Fortschritte in der apparativen Technik und die sich dadurch erhöhende Anzahl der untersuchbaren Feten hin. In Ergänzung zur transrektalen Sonographie bietet sich der transabdominale Untersuchungsweg an: bis zur Geburt konnte sowohl der Brustkorb als auch der Bauch des Fetus auf diesem Wege regelmäßig erreicht werden (O'GRADY et al. 1981; PIPERS und ADAMS-BRENDEMUEHL 1984; ADAMS-BRENDEMUEHL und PIPERS 1987).

4.4.4 Ultrasonographische Fetometrie bei anderen Tierarten und beim Menschen

4.4.4.1 Ultrasonographische Fetometrie beim Rinderfetus

Bei Rindern wurde die sonographische Fetometrie in Fällen unbekannten Bedeckungszeitpunktes zur Bestimmung des Graviditätsstadiums eingesetzt, aber auch aus wissenschaftlichen Gründen und bei Verdacht auf eine abnorme Gravidität. Sie verhalf zu einer wesentlich genaueren Einschätzung des Trächtigkeitszeitpunkts als die einfache rektale Palpation und konnte zu jedem Zeitpunkt eingesetzt werden, wobei sich die Erreichbarkeit der einzelnen Körperteile im Laufe

der Gravidität änderte (KÄHN 1989; KÄHN 1991; GINTHER 1998; BREUKELMAN et al. 2004).

Heute sind viele Ultraschallgeräte bereits mit einer Software ausgerüstet, die eine Altersbestimmung mithilfe der gemessenen Werte ermöglicht. Diese Werte basieren auf Messungen von WHITE et al. (1985) und KÄHN (1989).

Im Verlauf der Trächtigkeit von Rindern lies sich das fetale Auge in allen Graviditätsabschnitten am häufigsten sonographisch darstellen. Der größte Durchmesser des Augapfels wies am Anfang der Trächtigkeit ein schnelleres Wachstum auf als während der letzten Graviditätsmonate (KÄHN 1989). Ebenfalls gut erreichbar war im ersten und zweiten Drittel der Gravidität die Schädelhöhle, die jedoch in den letzten zwei Monaten der Trächtigkeit aufgrund von Strahlenabsorption nicht mehr vollständig abgebildet werden und somit nicht mehr für fetometrische Messungen herangezogen werden konnte. Ihr größter Durchmesser zeigte eine lineare Größenzunahme (KÄHN 1989).

Der anechogene Magen zeigte ebenso ein lineares Wachstum und wies eine gute Korrelation zum Tag der Gravidität auf. Die Größe des Magens überschritt ab dem sechsten Monat die maximale Darstellungsgröße der Ultraschallsonde, weswegen der Magen nicht mehr in seiner gesamten Ausdehnung auf dem Bildschirm abgebildet werden konnte (KÄHN 1989).

Der größte Durchmesser des Rumpfes auf der Höhe der letzten Rippe konnte in den ersten zwei Dritteln der Trächtigkeit für fetometrische Messungen herangezogen werden. Er zeigte eine enge Korrelation zum Trächtigkeitsstadium (KÄHN 1989).

Bei der Vermessung der Rippen und Wirbelkörper hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, mehrere hintereinander liegende Rippen respektive Wirbel mit ihren dazugehörigen Zwischenräumen zu erfassen, um ein akkurates Messergebnis zu erzielen. Das Wachstum dieser beiden Strukturen verlief linear (KÄHN 1989).

Bis zum siebten Monat waren die langen Röhrenknochen der Vorder- und Hinterextremitäten sowie das Os ilium und das Os ischii für eine sonographische Messung zugänglich. Die engste Korrelation zum Trächtigkeitsstadium zeigten der Femur, der Metakarpus und die Tibia, für

fetometrische Messungen eignete sich der Metakarpus durch seine gute Erreichbarkeit jedoch am besten (KÄHN 1989).

Die Scheitel-Steiß-Länge (SSL) konnte zwar nur während der ersten drei Monate der Trächtigkeit zuverlässig vermessen werden, sie lieferte jedoch in diesem Zeitraum nach den Ergebnissen von WHITE et al. (1985) wie auch von KÄHN (1989) die engste Korrelation zum Trächtigkeitsstadium. Sowohl GINTHER (1998) als auch BREUKELMAN et al. (2004) konnten die SSL ebenfalls nur bis zum 60. bzw. 63. Tag messen, da zu einem späteren Zeitpunkt die Länge des Fetus die Bildschirmgröße überschritt.

Die fetale Herzfrequenz nahm im Laufe der Trächtigkeit kontinuierlich ab. KÄHN (1989), GINTHER (1998) und BREUKELMAN et al. (2004) haben in ihren Studien sehr ähnliche Herzfrequenzen gemessen: am 60. Tag 163, 193 bzw. 178-181 Schläge pro Minute, am 100. Tag 148, 170 bzw. 157-160 Schläge pro Minute. Die Herzfrequenz am 40. Tag wurde nur von den letzten beiden Autoren untersucht, lag aber ebenfalls mit 184 bzw. 171-173 Schlägen pro Minute verhältnismäßig nahe beieinander. Bei Feten in Vorderendlage war das Herz bis zum neunten Trächtigkeitsmonat durch transrektale Untersuchung auffindbar (KÄHN 1990). Da die Herzfrequenz starken Schwankungen unterlag, eignete sie sich nicht zur genauen Altersbestimmung von Feten, sie konnte jedoch von Bedeutung sein, um ein bevorstehendes Absterben des Fetus zu erkennen (BREUKELMAN et al. 2004).

Im Gegensatz zum Pferdefetus konnten beim Rinderfetus die Hoden ab dem vierten Monat im Skrotum sonographisch erfasst werden, sie eigneten sich jedoch weniger gut zur Altersbestimmung des Fetus (KÄHN 1989).

Bezogen auf das spätere Geburtsgewicht konnten BREUKELMAN et al. (2004) bis zum 108. Tag der Gravidität keine Unterschiede bei den gemessenen Werten für die fetale Herzfrequenz, den Biparietaldurchmesser (BPD) und den Rumpfdurchmesser feststellen. Die Vermessung des Rinderfetus war nach Meinung von WHITE et al. (1985) nur limitiert bis zum 140. Tag der Gravidität möglich, wohingegen KÄHN (1989; 1991) noch bis zum letzten Trächtigkeitsmonat Messungen durchführte, infolge der Vorderendlage jedoch ausschließlich den Kopf erreichen konnte.

Die transrektale Fetometrie beim Rinderfetus konnte zu jedem Zeitpunkt der Gravidität eingesetzt werden und lieferte je nach Stadium der Trächtigkeit und Lage des Fetus im Uterus unterschiedlich genaue Ergebnisse. Es eigneten sich besonders das Auge und die Schädelhöhle durch ihre zuverlässige Erreichbarkeit für die Altersbestimmung und die Vorhersage des Geburtstermins (KÄHN 1989).

4.4.4.2 Ultrasonographische Fetometrie beim Schaffetus

Die sonographische Fetometrie findet bei Schafen vorwiegend zur Optimierung des Managements Anwendung. Die sonographische Bestimmung des Trächtigkeitsstadiums ermöglicht eine Gruppierung der Schafe gleichen Ablammtermins auch in Herden ohne Östrussynchronisation und somit die gezielte Fütterung, Vakzinierung und Entwurmung sowie die Geburtsüberwachung. Des Weiteren kann bei Forschungsarbeiten mit Hilfe einer fetometrischen Untersuchung das Alter der Feten berücksichtigt werden (SERGEEV et al. 1990; KÄHN et al. 1992). Darüber hinaus kann die Altersbestimmung des Fetus helfen, durch die Eingrenzung des Bedeckungszeitpunktes im Nachhinein den Schafbock zu ermitteln und den Termin für eine Geburtseinleitung zu berechnen (HAIBEL und PERKINS 1989; REICHLE und HAIBEL 1991).

Bei Schafen liegen Ergebnisse fetometrischer Ultraschalluntersuchungen vor, bei denen die Scheitel-Steiß-Länge (KÄHN et al. 1992; CHAVEZ MORENO et al. 1996; KAULFUß et al. 1999), der Durchmesser des Augapfels (KÄHN et al. 1992), der Schädelhöhle (HAIBEL und PERKINS 1989; SERGEEV et al. 1990; REICHLE und HAIBEL 1991; KÄHN et al. 1992; CHAVEZ MORENO et al. 1996; GREENWOOD et al. 2002) und des Rumpfes (SERGEEV et al. 1990; KÄHN et al. 1992; CHAVEZ MORENO et al. 1996) sowie die Breite einer Rippe mit benachbartem Interkostalraum (KÄHN et al. 1992) und die Länge des Metakarpus (GREENWOOD et al. 2002) durch transrektale und transkutane Untersuchungen ermittelt wurden.

Die Scheitel-Steiß-Länge (SSL) und der Durchmesser des Rumpfes konnten bereits ab dem 26. Tag der Gravidität bestimmt werden, wohingegen der Durchmesser von Augapfel und Schädelhöhle (Biparietaldurchmesser = BPD) sowie die Rippen erst ab dem 52.-66. Tag vermessen werden konnten (KÄHN et al. 1992). CHAVEZ MORENO et al. (1996) konnten die Feten hingegen mittels transrektaler Untersuchung erst ab dem 32. bis 34. Tag darstellen. Sehr frühe

transabdominale Untersuchungen (früher als Tag 36) konnten zu fehlerhaften Messungen durch schlechte Auflösung führen, da die Feten noch sehr weit von der Ultraschallsonde entfernt lagen. Gegen Ende der Trächtigkeit hingegen konnten die anvisierten Strukturen durch die Größe und Lage der Feten in einigen Fällen nur unter erheblichem Zeitaufwand vermessen werden (HAIBEL und PERKINS 1989; REICHLE und HAIBEL 1991).

Das Wachstum der gemessenen Strukturen wies in den Studien von HAIBEL und PERKINS (1989), SERGEEV et al. (1990), REICHLE und HAIBEL (1991) sowie KÄHN et al. (1992) und GREENWOOD et al. (2002) einen linearen Verlauf auf. KÄHN et al. (1992) beschrieben für den Rumpfdurchmesser eine sehr enge Korrelation zum Trächtigkeitsstadium. Eine ebenfalls enge Korrelation lag bei der SSL und dem Augendurchmesser vor. Somit schienen diese drei Parameter für die Bestimmung des Alters der Feten am besten geeignet zu sein. Eine ebenfalls sehr enge Korrelation zum Trächtigkeitsstadium fanden GREENWOOD et al. (2002) für die Länge des Metakarpus und für den BPD, wobei durch die kombinierte Messung mehrerer Parameter in beiden Studien eine Erhöhung der Zuverlässigkeit der Altersbestimmung erreicht wurde. Ebenso beschrieben CHAVEZ MORENO et al. (1996) eine lineare Entwicklung der gemessenen Parameter und die engste Korrelation mit dem Gestationsstadium beim Durchmesser des Abdomens, der ventrodorsal also zwischen Linea alba und Rückenlinie gemessen worden war. Allerdings sahen sie durch die Kombination mehrerer Parameter keine Verbesserung der Altersschätzung. Für die Messungen der SSL in der Studie von KAULFUß et al. (1999) lieferte hingegen die exponentielle Wachstumsfunktion die beste Anpassung bei hoher Korrelation zum Trächtigkeitszeitpunkt. In dieser Studie wurden zusätzlich Rasseinflüsse und der Einfluss von Mehrlingsträchtigkeiten auf das Wachstum der Embryonen bzw. Feten untersucht.

Eine Beeinflussung der Wachstumskurven durch Mehrlingsträchtigkeiten im Gegensatz zu Einlingsträchtigkeiten war nach SERGEEV et al. (1990) nicht zu erwarten, wohingegen KAULFUß et al. (1999) ab dem 38. Trächtigkeitstag bei Einlingsfeten ein schnelleres Wachstum als bei Zwilling- bzw. Drillingsfeten aufzeigten. Darüber hinaus war bei der differenzierten Untersuchung von Zwillingsträchtigkeiten zu bemerken, dass ein Fetus schneller wuchs als der zweite, wobei das Wachstum des größeren Fetus dem einer Einlingsfrucht entsprach (KAULFUß et al. 1999). Des Weiteren fanden HAIBEL und PERKINS (1989) in der Frühträchtigkeit keine rassebedingten Unterschiede bei der Größe der Feten.

Es liegen beim Schaf auch Ergebnisse aus Untersuchungen der fetalen Herzfrequenz mittels Dopplersonographie und M-Mode-Verfahren ab dem 70. Tag der Gravidität vor. Die fetale Herzfrequenz besaß zwar eine Korrelation zum Trächtigkeitsstadium und wurde nicht durch die Anzahl der Feten beeinflusst, eignete sich jedoch nicht gleichermaßen gut wie die Fetometrie zur Vorhersage des Geburtstermins: einerseits waren fetometrische Messungen präziser als die Herzfrequenzmessung, darüber hinaus waren sie bereits zu einem früheren Zeitpunkt möglich (CHAVEZ MORENO et al. 1996).

Die sonographische Fetometrie wurde von allen erwähnten Autoren als ein geeignetes Verfahren zur Bestimmung des Gestationsalters bei Schafen bezeichnet.

4.4.4.3 Ultrasonographische Fetometrie beim Kleintier

In der Kleintiermedizin liegen fetometrische Daten von Messungen bei Hunden (CARTEE und ROWLES 1984; YEAGER et al. 1992; GÜNZEL-APEL et al. 1996; MORIYOSHI et al. 1996), Katzen (DAVIDSON et al. 1986; BECK et al. 1990; GROF 1992; GÜNZEL-APEL et al. 1996) und Kaninchen (BÖRSCH 2004) vor.

Für die erstmalige Darstellung embryonaler Strukturen findet man in der Literatur sehr unterschiedliche Angaben. Nach CARTEE und ROWLES (1984) konnte bei Hunden ab dem siebten Tag nach dem Deckakt eine Trächtigkeit aufgrund von Vergrößerungen des Uterus vermutet werden, jedoch frühestens ab dem zehnten Tag konnte der hyperechogene Embryo ausgemacht werden. Nach SCHMIDT (1986) konnte ab dem 19. Tag, bzw. nach MORIYOSHI et al. (1996) zwischen dem 18. und 24. Tag post copulationem zum ersten Mal ein Embryo innerhalb der Fruchtblase erkannt werden. Laut KÄHN (1991) tauchten embryonale Echos zwischen dem 20. und 25. Tag der Gravidität auf. Bei Katzen konnten ab dem 15. Tag post copulationem (DAVIDSON et al. 1986) embryonale Strukturen dargestellt werden.

Für die fetometrischen Messungen kamen in erster Linie die Scheitel-Steiß-Länge (SSL), der Biparietaldurchmesser (BPD) und der Rumpfdurchmesser in Frage (GÜNZEL-APEL et al. 1996). Für diese Parameter bestanden signifikante Korrelationen zum Trächtigkeitstag (GROF 1992; YEAGER et al. 1992; MORIYOSHI et al. 1996). Darüber hinaus untersuchten MORIYOSHI et al. (1996) das Wachstum des Herzens zwischen dem etwa 30. Tag der Gravidität und der Geburt, welches ebenfalls eng mit dem Trächtigkeitstag korrelierte. Bei Größenangaben

handelte es sich um Durchschnittswerte, da Feten von unterschiedlichen Rassen zum Teil erhebliche Größenunterschiede aufwiesen. Somit dienten diese Angaben zunächst als Orientierungshilfe, bis zukünftig exakte Daten für die verschiedenen Rassen existieren (KÄHN 1991).

Die SSL konnte beim Hund zwischen dem 17. und 45. (CARTEE und ROWLES 1984) bzw. dem 24. und dem 40. Tag post ovulationem (GÜNZEL-APEL et al. 1996) und bei der Katze zwischen dem 19. und dem 45. Tag post copulationem (GÜNZEL-APEL et al. 1996) ausreichend genau bestimmt werden. Hinsichtlich der Größe bestanden jedoch z.T. erhebliche Unterschiede zwischen normal entwickelten Früchten eines Wurfes (GÜNZEL-APEL et al. 1996). Für das letzte Trächtigkeitsdrittel bestand die Möglichkeit, die SSL durch zwei Teilmessungen zu bestimmen und die gemessenen Werte anschließend zu addieren, da eine Darstellung der Feten in toto die Größe des Ultraschallbildschirmes überschritt (KÄHN 1991).

Der BPD konnte beim Hund zwischen dem 36. und 58. Tag post ovulationem (GÜNZEL-APEL et al. 1996) bzw. zwischen dem 30. Gestationstag und der Geburt (MORIYOSHI et al. 1996) gemessen werden, bei der Katze zwischen dem 30. Tag post copulationem und der Geburt (GÜNZEL-APEL et al. 1996). Die Zunahme des BPD verlief beim Hund mit einer annähernd gleichbleibenden Wachstumsrate (MORIYOSHI et al. 1996).

Der Rumpfdurchmesser wurde auf Höhe des Magens vermessen und eignete sich für eine Altersbestimmung der Früchte zwischen dem 22. und 58. Tag post ovulationem beim Hund und zwischen dem 35. Tag post conceptionem und der Geburt bei der Katze (GÜNZEL-APEL et al. 1996). Ab dem 40. Trächtigkeitstag zeigte der Rumpfdurchmesser beim Hund einen deutlichen Anstieg der Wachstumsrate (MORIYOSHI et al. 1996).

Hinsichtlich der Wurfgröße schienen Katzenwelpen aus Einlingsträchtigkeiten schneller zu wachsen und zum Zeitpunkt der Geburt größer zu sein als die Welpen aus Mehrlingsträchtigkeiten, was jedoch wissenschaftlich noch genauer untersucht werden muss (BECK et al. 1990). Ferner ist bisher nicht bekannt, ob auch die Rasse einen Einfluss auf die Wachstumskurven und die Geburtsgröße besitzt (BECK et al. 1990).

BECK et al. (1990) beurteilten schließlich die Vermessung von Kopf- und Rumpfdurchmesser bei der Katze ebenso wie MORIYOSHI et al. (1996) die Vermessung von Rumpf-, Kopf- und

Herzdurchmesser beim Hund als ein geeignetes Verfahren, das Gestationsalter bei unbekanntem Deckzeitpunkt zu bestimmen und den voraussichtlichen Geburtszeitpunkt vorherzusagen.

Die Trächtigkeitsdiagnose beim Kaninchen konnte mittels Ultraschalluntersuchung ab dem 7. Tag post coitum (p. c.) sicher erfolgen (BÖRSCH 2004). Der Embryo selbst konnte ab dem 8. Tag p. c. dargestellt und seine SSL ab dem 18. Tag p. c. gemessen werden. Eine Vermessung des Herzens im Längs- und Querdurchmesser war ab dem elften Tag p. c. möglich, wobei es per Dopplersonographie bereits ab dem neunten Tag p. c. darstellbar war. Schließlich konnte der Querdurchmesser der Orbita ab dem 13. Tag p. c. für fetometrische Messungen herangezogen werden. Alle Parameter der Studie von BÖRSCH (2004) wiesen einen engen linearen Zusammenhang zum Gestationsalter auf.

4.4.4.4 Ultrasonographische Fetometrie beim Menschen

Die sonographische Untersuchung des Fetus während der Schwangerschaft beim Menschen umfasst die Bestimmung verschiedener Parameter. In der frühen Schwangerschaft wird die Scheitel-Steiß-Länge (SSL) ermittelt, die bis zur 13. Woche exakte Ergebnisse liefert, später werden der Biparietaldurchmesser (BPD) bzw. der Kopfumfang (KU), die Femurlänge sowie der Umfang des Abdomens bevorzugt, um die Alters- und Gewichtsbestimmung des Fetus durchzuführen. Es liegen Vergleichswerte in Form von Tabellen vor, denen die gemessenen Größen gegenübergestellt und so Wachstumsrückstände eruiert werden können (MANNING 1987; MCGLADDERY 1998).

Die Schwierigkeit, die Dauer einer Schwangerschaft bei der Frau zu bestimmen liegt im ungenauen Zeitpunkt der Konzeption, die nicht immer in der Mitte des Zyklus erfolgt, sondern häufig später (SAITO et al. 1972). Hinsichtlich der Nomenklatur ist es in der Humanmedizin international üblich, das Schwangerschaftsalter in vollendeten Schwangerschaftswochen post menstruationem (p. m.) anzugeben (MERZ und EICHHORN 2002). Demgegenüber spricht man in der Veterinärmedizin vom Trächtigkeitstag post ovulationem (p. ov.) bzw. post copulationem (p. c.).

Die SSL lässt sich ab der vollendeten sechsten Schwangerschaftswoche mittels transvaginaler sonographischer Untersuchung vermessen und zeigt ein exponentielles Wachstum (TIMOR-TRITSCH et al. 1988; BAHLMANN und MERZ 2002). Die Schätzung des Gestationsalters

mithilfe der SSL liefert sehr genaue Ergebnisse; diese Schätzgenauigkeit kann später bei der Messung anderer Parameter aufgrund der biologischen Variabilität nicht mehr erreicht werden (MERZ 2002). In der Humanmedizin spricht man zwar ebenfalls der Einfachheit halber von der SSL, jedoch handelt es sich bei der Messung, bedingt durch Embryonalkrümmung und Kopfbeugung, im eigentlichen Sinne um die maximale Embryolänge (MERZ 1994). Hinsichtlich des fetalen Geschlechts konnten in Studien keine Unterschiede in der SSL festgestellt werden (TEZUKA et al. 1998).

Der BPD ist nach Ansicht von JOHNSEN et al. (2004) der gebräuchlichste Parameter für die Altersbestimmung von Schwangerschaften. Erste Tabellen wurden bereits vor über 30 Jahren erstellt (CAMPBELL 1969). Der BPD kann ab der vollendeten siebten Schwangerschaftswoche gemessen werden und sein Wachstum zeigt während des ersten Trimesters einen linearen Anstieg (LASSER et al. 1993; BLAAS et al. 1998). Nach HONARVAR et al. (2000) ist die Messung des BPD zwar präzise, jedoch durch genetische, lagebedingte oder kongenitale Abweichungen fehlerbehaftet und dadurch nicht immer zuverlässig.

Neuere Geräte ermöglichen heute eine Messung des KU, der laut CHERVENAK et al. (1998) die genaueste Vorhersage des Geburtszeitpunktes liefert. Er besitzt gegenüber dem BPD den Vorteil, nicht durch die Lage und die Kopfform des Fetus beeinflusst zu werden (JOHNSEN et al. 2004). Das Alter der Mutter und das fetale Geschlecht hingegen spielen bei der Berechnung des Gestationsalters mithilfe des BPD und des KU gleichermaßen eine Rolle (JOHNSEN et al. 2004). Die Altersbestimmung mittels BPD bzw. KU ist am Anfang der Schwangerschaft präziser, da die Variation mit dem Gestationsalter zunimmt (JOHNSEN et al. 2004). Weder der Body Mass Index der Mutter noch deren Rauchgewohnheiten haben Einfluss auf die Altersbestimmung des Fetus anhand des BPD bzw. des KU (JOHNSEN et al. 2004).

Die Messung der Femurlänge bildet eine gute Ergänzung zu den übrigen Parametern und besitzt darüber hinaus eine höhere Korrelation zum Gestationsalter als der BPD (OWEN et al. 1996; RAMAN et al. 1996). Die Wachstumsgeschwindigkeit des Femur lässt bei fortschreitender Schwangerschaft nach und unterscheidet sich zwischen den einzelnen Populationen (HONARVAR et al. 2000), das Geschlecht des Fetus scheint hingegen keinen Einfluss zu besitzen (RAMAN et al. 1996). Kinder mit von der physiologischen Norm abweichendem Wachstum haben eine höhere perinatale Morbidität und Mortalität, mithilfe der Vergleichswerte für die

Femurlänge ist es jedoch zu jedem Zeitpunkt der Schwangerschaft ab der 14. Woche möglich, einen Wachstumsrückstand aufzudecken (HONARVAR et al. 2000). Insbesondere vor der 25. Woche liefert die Altersbestimmung auf Basis der Femurlängenmessung sehr akkurate Ergebnisse, aber auch danach kann das Alter mit ihrer Hilfe genau bestimmt werden (HONARVAR et al. 2000).

Das Abdomen des menschlichen Fetus kann ab der vollendeten achten Schwangerschaftswoche vermessen werden (BLAAS et al. 1998). Es zeigt ein lineares Wachstum während des ersten Trimesters (LASSER et al. 1993). Seine Vermessung zur Überprüfung des Schwangerschaftsalters ist durch die stärkere Verformbarkeit des Rumpfes mit einer höheren Fehlerquote behaftet und daher weniger gut geeignet (MERZ 2002).

Eine Kombinationsmessung aus allen Parametern ist laut HONARVAR et al. (2000) nicht zu empfehlen, da diese nur in Fällen eines normalen Fetalwachstums adäquate Ergebnisse liefert. Demgegenüber sind CHERVENAK et al. (1998) der Meinung, eine Verbesserung der Vorhersage des Geburtszeitpunktes zu erreichen, indem sie den KU mit dem Umfang des Abdomens und der Femurlänge kombinieren.

5 MATERIAL UND METHODIK

5.1 Material

5.1.1 Das Probandengut

Bei den Pferden, die als Probanden für die Studie dienten, handelte es sich um zwölf Zuchtstuten auf einem Islandpferdegestüt in Nordhessen (Tab. 1). Sie wurden während der Zuchtsaison 2003/2004 für die Untersuchungen in dieser Studie herangezogen. Es handelte sich um gesunde Islandpferdestuten im Alter zwischen fünf und einundzwanzig Jahren, sechs mit Fohlen bei Fuß und sechs ohne Fohlen. Die zwölf Stuten wurden von drei Gestütshengsten sowohl auf der Weide in der Herde als auch an der Hand gedeckt.

Die Stuten wurden in einer Herde in extensiver Robusthaltung während der Sommermonate auf der Weide und während der Wintermonate auf einem Paddock unter Zufütterung von Heu und Stroh gehalten.

Tab. 1: Daten der Probanden.

Stute Nr.	Stute	Alter (Jahre)	Fohlen bei Fuß	Hengst	Maiden-stute
1	Malilja	5	nein	Rodi	ja
2	Fenja	13	ja	Refur	nein
3	Nott	7	nein	Rodi	nein
4	Roda	12	ja	Refur	nein
5	Menglada	21	ja	Aldinbori	nein
6	Kàpa	11	nein	Rodi	nein
7	Snappa	11	ja	Refur	nein
8	Leista	11	nein	Aldinbori	nein
9	Gletta	17	ja	Rodi	nein
10	Drottning	17	ja	Aldinbori	nein
11	Kona	9	nein	Refur	nein
12	Blessa	14	nein	Rodi	nein

5.1.2 Die Technische Ausrüstung

Die Ultraschalluntersuchungen wurden mit einem Ultraschallgerät der Serie „Aquila“ der Firma Pie Medical, Maastricht, Niederlande, durchgeführt. Verwendet wurden ein 6,5-8,0 MHz-

Linearschallkopf und ein 5,0-7,5 MHz-Konvexschallkopf. Die Eindringtiefe des Linearschallkopfes betrug maximal 10 cm, die des Konvexschallkopfes bei 5,0 MHz 16 cm und bei 7,5 MHz 9 cm. Die Vermessung der Organe wurde direkt auf dem Bildschirm mithilfe der Messeinrichtung des Ultraschallgerätes vorgenommen. Einzelne Bilder konnten zur Dokumentation auf einer Chipkarte gespeichert werden.

5.2 Methodik

5.2.1 Das Untersuchungsschema

Die Probanden wurden zunächst täglich bis zur Feststellung der Ovulation untersucht. Vom Tag der Ovulation als Tag 0 ausgehend, wurden die Stuten vom zehnten bis zum 322. Tag der Gravidität (T. d. G.) in zeitlich abnehmender Frequenz nach folgendem Schema untersucht:

Vom zehnten bis zum 16. T. d. G. täglich,
vom 18. bis zum 50. T. d. G. im Abstand von zwei Tagen,
vom 54. bis zum 90. T. d. G. im Abstand von vier Tagen,
vom 97. bis zum 132. T. d. G. im Abstand von sieben Tagen,
vom 142. bis zum 192. T. d. G. im Abstand von zehn Tagen,
vom 204. bis zum 252. T. d. G. im Abstand von zwölf Tagen und
vom 266. bis zum 322. T. d. G. im Abstand von 14 Tagen.

5.2.2 Die Vorbereitung der Stuten

Für die Untersuchung wurden die Stuten in einem Untersuchungsstand angebunden und mit einer Querstange an Abwehrbewegungen gehindert. Während der Sommermonate wurden die Pferde zusätzlich mit einem Repellent behandelt, um Abwehrbewegungen gegen Insekten zu vermeiden. Die Stuten wurden nicht sediert.

5.2.3 Die transrektale Ultraschalluntersuchung

Die fetometrischen Untersuchungen erfolgten ausschließlich transrektal. Zunächst wurde der Linearschallkopf verwendet, etwa ab dem 30. Tag wurde der Konvexschallkopf in die Untersuchungen miteinbezogen. Zum Schutz gegen Verschmutzung wurden die Schallköpfe nach dem Bestreichen mit Kontaktgel mit einem Untersuchungshandschuh aus Kunststoff überzogen.

Das Ultraschallgerät wurde auf Augenhöhe des Untersuchers positioniert. Durch Blenden, die seitlich des Bildschirms angebracht wurden, konnte ein direkter Lichteinfall auf den Bildschirm verhindert werden.

Zur Verhinderung von Rektalverletzungen hatte die schonende und umsichtige Behandlung der untersuchten Stuten oberste Priorität.

5.2.4 Das Untersuchungsprotokoll

Die Stuten wurden an jedem Untersuchungstag nach dem gleichen Schema untersucht und die gemessenen Daten in ein Untersuchungsprotokoll (Abb. 1 und 2) eingetragen. Die Protokolle des vorherigen Untersuchungstages lagen bei jeder Untersuchung vor. Um die Erreichbarkeit der einzelnen Körperregionen zu ermitteln, wurde das Untersuchungsprotokoll nach Kopf, Hals, Thorax, Abdomen und Extremitäten unterteilt und diese bei der Untersuchung als sichtbar bzw. nicht sichtbar gekennzeichnet.

<u>Untersuchungsprotokoll Fetometrie</u>	
Name der Stute	_____
Nummer der Stute	_____
Datum der Untersuchung	_____
Datum der Ovulation	_____
Tag der Gravidität	_____
Befunde	
Fruchtblase längs (mm)	_____
Fruchtblase quer (mm)	_____
SSL (mm)	_____
Schädelhöhle quer (mm)	_____
Auge längs (mm)	_____
Auge quer (mm)	_____
KOPF	<input type="checkbox"/> sichtbar <input type="checkbox"/> nicht sichtbar
Trachea (mm)	_____
Halswirbel mit ZR (mm)	_____
Anzahl der HW	_____
HALS	<input type="checkbox"/> sichtbar <input type="checkbox"/> nicht sichtbar
Rumpfquerschnitt (mm)	_____
Rippen mit IKR (mm)	_____
Anzahl der Rippen	_____
Herz längs (mm)	_____
Herz quer (mm)	_____
THORAX	<input type="checkbox"/> sichtbar <input type="checkbox"/> nicht sichtbar
1	

Abb. 1: Protokoll für die fetometrische Untersuchung (Seite 1).

Magen längs (mm)	_____
Magen quer (mm)	_____
Vena cava caudalis (mm)	_____
Aorta (mm)	_____
Urachus längs (mm)	_____
Urachus quer (mm)	_____
Wirbelkörper mit ZR (mm)	_____
Anzahl der WK	_____
ABDOMEN	<input type="checkbox"/> sichtbar <input type="checkbox"/> nicht sichtbar
Radius/Ulna (mm)	_____
Metacarpus (mm)	_____
Femur (mm)	_____
Tibia/Fibula (mm)	_____
Metatarsus (mm)	_____
Os ilium (mm)	_____
Os ischii (mm)	_____
EXTREMITÄTEN	<input type="checkbox"/> sichtbar <input type="checkbox"/> nicht sichtbar
CTUP (mm)	_____
Geschlecht	<input type="checkbox"/> Stute <input type="checkbox"/> Hengst
FETUS SICHTBAR	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Herzfrequenz pro Min.	_____
Messung der Herzfrequenz	<input type="checkbox"/> M-Mode <input type="checkbox"/> ausgezählt
Untersuchungszeit (Min.)	_____
Grund für vorzeitige Beendigung	_____
Sonde	<input type="checkbox"/> linear <input type="checkbox"/> konvex <input type="checkbox"/> beide
Bemerkungen	_____
2	

Abb. 2: Protokoll für die fetometrische Untersuchung (Seite 2).

5.2.5 Biometrische Messungen

5.2.5.1 Schallrichtungen

Die Beschreibung der Schallrichtungen erfolgte nach der durch KÄHN und LEIDL (1987) standardisierten Nomenklatur. Die Richtungsbeschreibungen beziehen sich ausschließlich auf die Frucht. Dabei unterscheidet man drei Schnittebenen durch den Pferdefetus, zwei Längsschnitte und einen Quer- bzw. Transversalschnitt (Abb. 3):

- Quer- bzw. Transversalschnitt: Schnittebene quer zur Längsachse
- Sagittalschnitt: ventro-dorsale Schnittebene in der Längsachse
- Horizontalschnitt: latero-laterale Schnittebene in der Längsachse

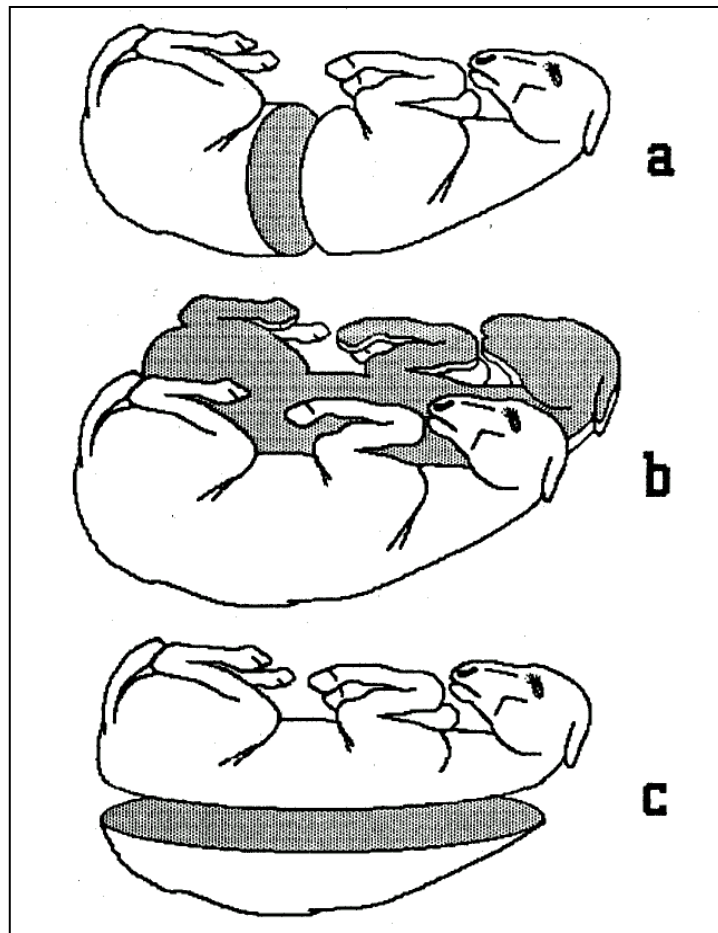


Abb. 3: Die Schnittebenen durch einen Pferdefetus in utero. a) Quer- bzw. Transversalschnitt; b) Sagittalschnitt; c) Horizontalschnitt (KÄHN und LEIDL 1987).

5.2.5.2 Die Vermessung der Fruchtblasen

Die Fruchtblasen wurden im Längsdurchmesser und dem dazu senkrecht stehenden Querdurchmesser vermessen (Abb. 4). Aus beiden Werten wurde zusätzlich der mittlere Durchmesser errechnet, indem die Summe aus Längs- und Querdurchmesser durch zwei dividiert wurde.

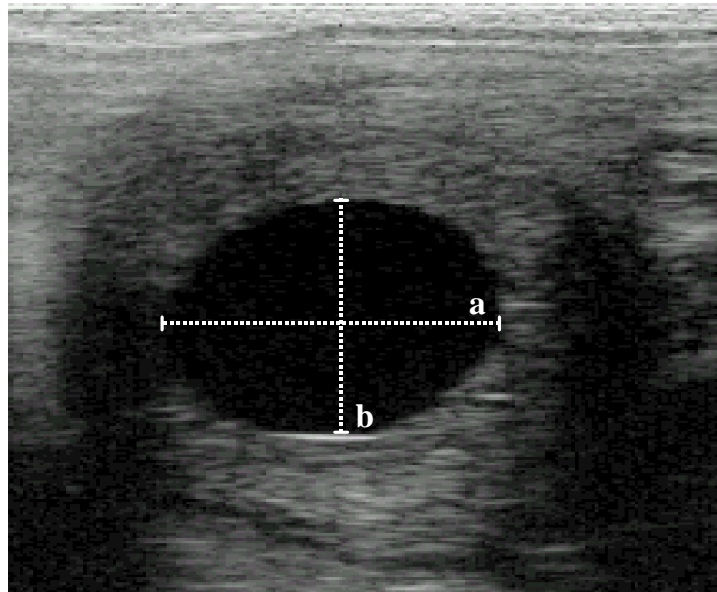


Abb. 4: Längsdurchmesser (a) und Querdurchmesser (b) einer Fruchtblase am 16. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute.

5.2.5.3 Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge (SSL)

Die SSL stellt die geradlinige Distanz zwischen dem Hinterhaupt und dem ersten Schwanzwirbel dar (KÄHN 1991).

Da jedoch sowohl das Hinterhaupt als auch der erste Schwanzwirbel im Embryonalstadium und im frühen Fetalstadium noch nicht eindeutig erkennbar waren (Abb. 5), galt als SSL die längste Ausdehnung der Frucht vom Kopf bis zum Körperende (KÄHN et al. 1992).

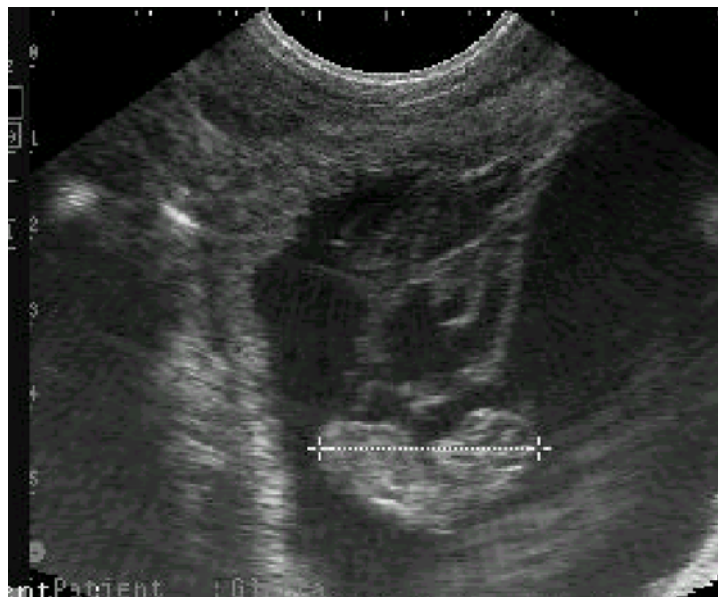


Abb. 5: Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge (Kreuze). Sagittalschnitt durch den Fetus einer Islandpferdestute am 40. Tag der Gravidität.

5.2.5.4 Die Vermessung der Schädelhöhle

Am Schädel wurde der innere Querdurchmesser des Gehirnschädels bestimmt (Abb. 6). Dieser wurde an seiner weitesten Stelle kaudal der Augen festgelegt und im Querschnitt gemessen.



Abb. 6: Die Messung des inneren Querdurchmessers der Schädelhöhle im Transversalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 118. Tag der Gravidität. Beide Gehirnhälften sind sichtbar.

5.2.5.5 Die Vermessung des Auges

Der Augapfel zeigt sich im Ultraschallbild weitgehend echolos und grenzt sich dadurch gut von der stark echogenen, knöchernen Orbita ab (KÄHN und LEIDL 1987).

Für die Vermessung des Auges wurde die Schnittebene durch die Mitte des Augapfels aufgesucht. Als Messpunkt wurde in der vorliegenden Arbeit die Grenze zwischen der knöchernen Orbita und dem Umriss des Bulbus festgelegt (Abb. 7).

Zunächst wurde der Längsdurchmesser des Augapfels vermessen. Dieser Längsdurchmesser verläuft zwischen dem vorderen, corneaseitigen und hinteren, cerebralen Augenpol und wird auch als äußere Augenachse bezeichnet (NICKEL et al. 1991). Die zweite Messung erfolgte am größten Durchmesser des Augapfels, der Querdurchmesser genannt wird. Er wird auf Höhe des Bulbusäquators gemessen, welcher die Kreislinie um den größten Umfang des Bulbus senkrecht zur Augenachse darstellt (NICKEL et al. 1991).

Für das Auge wurde ebenfalls ein mittlerer Durchmesser bestimmt, indem Längs- und Querdurchmesser addiert und durch zwei dividiert wurden.

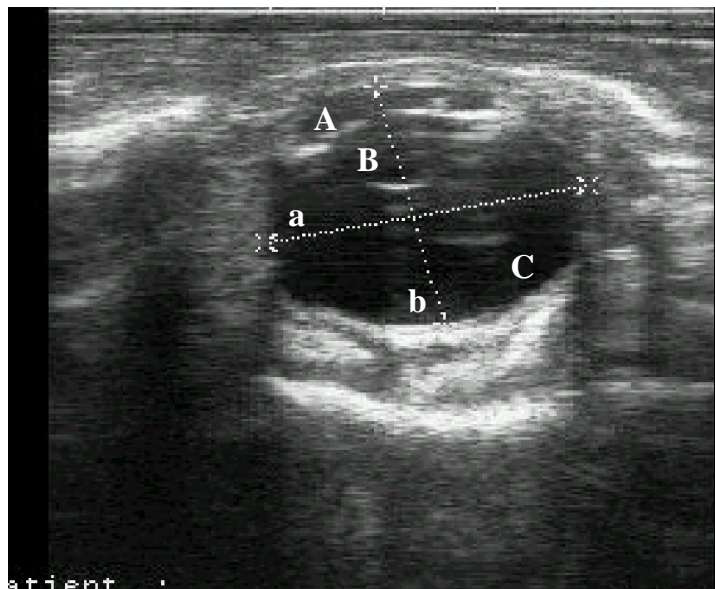


Abb. 7: Die Messung des Querdurchmessers (a) und des Längsdurchmessers (b) des Augapfels. Schnittbild durch den Augapfel eines Fetus mit vorderer Augenkammer (A), Linse (B) und Glaskörper (C) am 252. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute.

5.2.5.6 Die Vermessung der Trachea

Bestimmt wurde der Durchmesser des echoarmen, mit Flüssigkeit gefüllten Lumens der Trachea im Längsschnitt (Abb. 8). Die Messpunkte befanden sich jeweils am inneren Rand der Knorpelspangen.

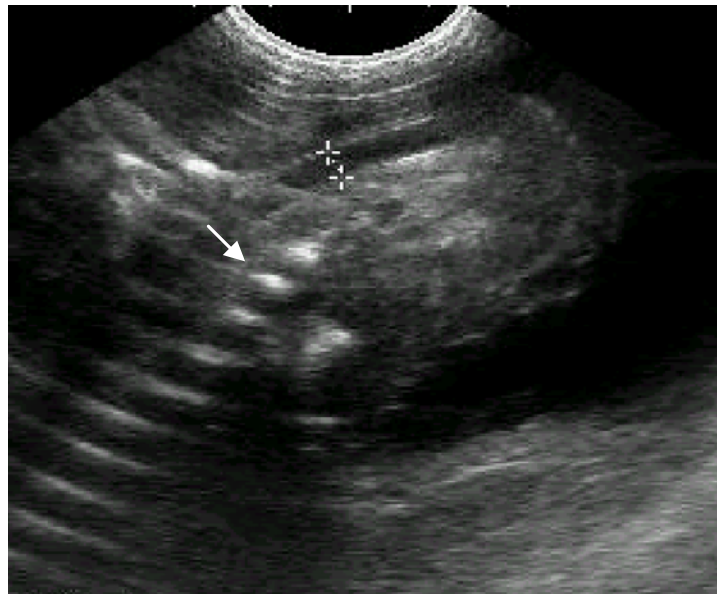


Abb. 8: Die Messung des Lumendurchmessers (Kreuze) der Trachea eines Fetus im Sagittalschnitt am 118. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute. Der Pfeil markiert einen Halswirbel.

5.2.5.7 Die Vermessung der Halswirbel

Im Sagittal- oder Horizontalschnitt wurde die Länge von drei hintereinander liegenden Wirbelkörpern einschließlich der drei zugehörigen Zwischenräume gemessen (Abb. 9). Die gemessene Entfernung wurde durch drei dividiert, so dass die durchschnittliche Länge eines Wirbelkörpers einschließlich eines Zwischenraumes ermittelt wurde.

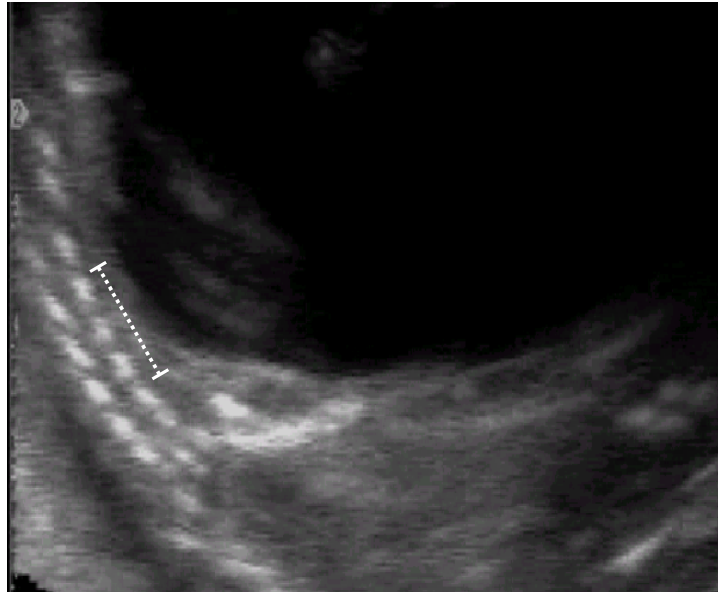


Abb. 9: Die Messung der Länge von drei Halswirbeln und ihrer Zwischenräume im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 70. Tag der Gravidität.

5.2.5.8 Die Vermessung der Rippen

Die Rippen wurden im Horizontalschnitt gemessen. Hier zeigten sich die Rippenanschnitte als ovale Scheiben (Abb. 10). Im mittleren Brustkorbbereich wurden je drei Rippen und die drei zugehörigen Interkostalräume vermessen. Diese Entfernung wurde durch drei dividiert, woraus sich die durchschnittliche Breite eines Rippenquerschnitts und eines Interkostalraumes ergab.

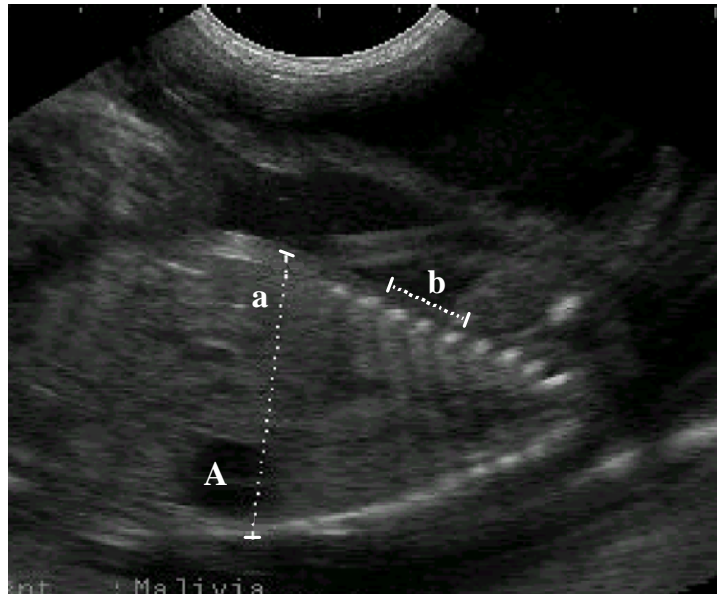


Abb. 10: Die Messung des Rumpfquerschnittes (a) auf Höhe des Magens (A) und der Breite dreier Rippen einschließlich ihrer Interkostalräume (b) im Horizontalschnitt bei einem Fetus am 90. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute.

5.2.5.9 Die Vermessung des Herzens

Die Ausmaße des Herzens wurden im Vierkammerschnitt während der Diastole gemessen (Abb. 11). Zunächst wurde die größte Länge zwischen Herzbasis und Herzspitze bestimmt, daneben die Breite an der weitesten Stelle. Da die anatomischen Strukturen anfangs noch nicht vollständig ausgebildet waren, wurde als Herzlänge die längere Seite des pulsierenden Ovals festgelegt, als Herzbreite die dazu senkrecht stehende kürzere Seite. Zusätzlich wurde ein mittlerer Herzdurchmesser als arithmetischer Mittelwert aus beiden Parametern errechnet.

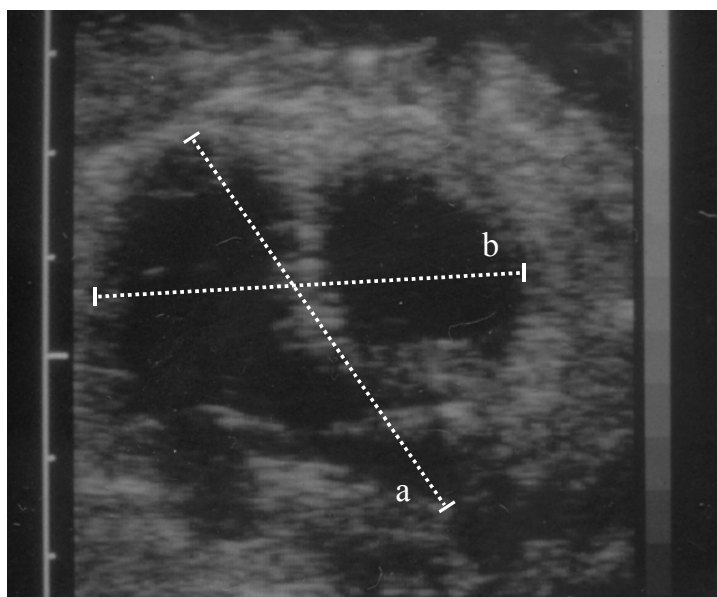


Abb. 11: Die Messung des Längs- (a) und des Querdurchmessers (b) des Herzens im Vierkammerschnitt bei einem Fetus am 167. Tag der Gravidität.

5.2.5.10 Die Messung der Herzfrequenz

Die Herzfrequenz wurde entweder mithilfe des M-Modes auf dem Bildschirm des Ultraschallgerätes errechnet oder ausgezählt. Bei der Auszählmethode wurden die Herzschläge auf dem Bildschirm in Zehn-Sekunden-Intervallen gezählt und daraus die Frequenz pro Minute errechnet.

5.2.5.11 Die Messung des Rumpfquerschnittes

Die Messung erfolgte entweder im Querschnitt oder im Horizontalschnitt (Abb. 10). Bestimmt wurde die innere Entfernung zwischen den beiden Bauchwänden kaudal der letzten Rippe auf Höhe des Magens.

5.2.5.12 Die Vermessung des Magens

Der Magen zeigt sich im Ultraschallbild als die größte echoarme Struktur im Körper (KÄHN und LEIDL 1987).

Die größte Ausdehnung wurde als Längsdurchmesser festgelegt, die dazu senkrecht stehende Querausdehnung an der kleinen Kurvatur als Querdurchmesser (Abb. 12). Es wurde jeweils der Innendurchmesser gemessen. Ergänzend wurde der mittlere Magendurchmesser berechnet, indem die Summe aus Längs- und Querdurchmesser durch zwei dividiert wurde.

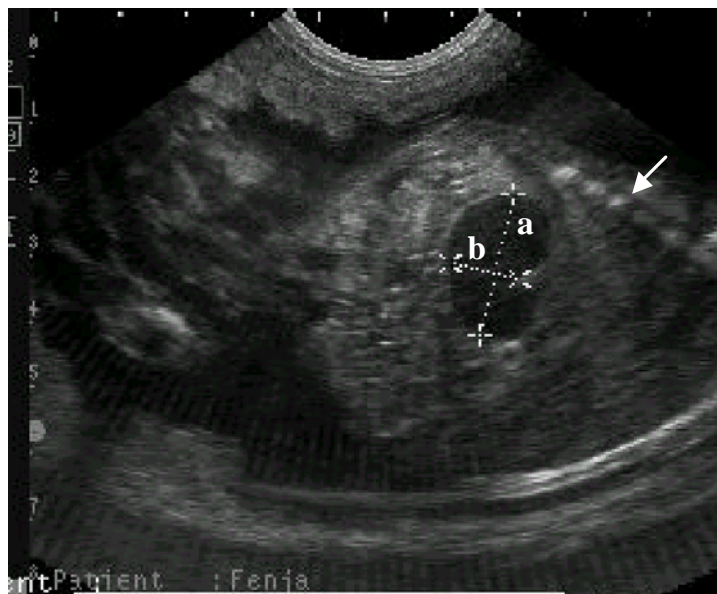


Abb. 12: Die Messung des Längs- (a) und Querdurchmessers (b) des Magens im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 97. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert die Rippen.

5.2.5.13 Die Vermessung der Vena cava caudalis

Die Vena cava caudalis war im Ultraschallbild als anechogener, gerader Strang mit einer dünnen und sehr echogenen Wand auszumachen (KÄHN und LEIDL 1987).

Sie wurde meist im Abdomen nahe des Magens, seltener im Thorakalraum gemessen (Abb. 13). Dazu wurde im Querschnitt oder im Längsschnitt der Lumendurchmesser bestimmt, wobei die Messpunkte an der Innenseite der stark echogenen Wand gelegen waren.

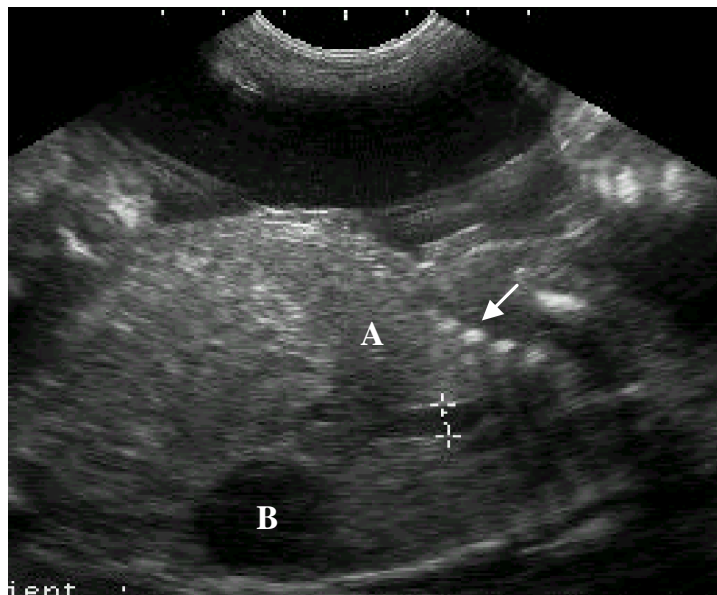


Abb. 13: Die Messung des Lumendurchmessers der Vena cava caudalis (Kreuze) im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 111. Tag der Gravidität. Benachbart liegen die Leber (A) und der Magen (B), der Pfeil markiert die Rippen.

5.2.5.14 Die Vermessung der Aorta

Bei der Messung des Lumendurchmessers der Aorta wurde im Wesentlichen so vorgegangen wie für die Vena cava caudalis beschrieben (Abb. 13). Darüber hinaus fanden die Messungen jedoch ausnahmslos während der Systole statt.

Die Aorta konnte in gleicher Weise wie die Vena cava caudalis anhand ihrer strangartigen Form, ihres anechogenen Lumens sowie den echogenen Gefäßwänden identifiziert werden (MCGLADDERY 1998; BUCCA et al. 2005). Sie ließ sich von der Vene aber durch die deutlich erkennbare Pulsation unterscheiden.

5.2.5.15 Die Vermessung des Urachus

Der Urachus wurde im Horizontalschnitt vermessen, in dem er einen ovalen bis runden Querschnitt aufwies (Abb. 14). Der größte Innendurchmesser dieser echoarmen Struktur sowie ein zweiter, senkrecht dazu verlaufender Innendurchmesser wurden gemessen. Diese Längs- und Querdurchmesser wurden wiederum addiert und zum Errechnen des Mittelwertes durch zwei dividiert.

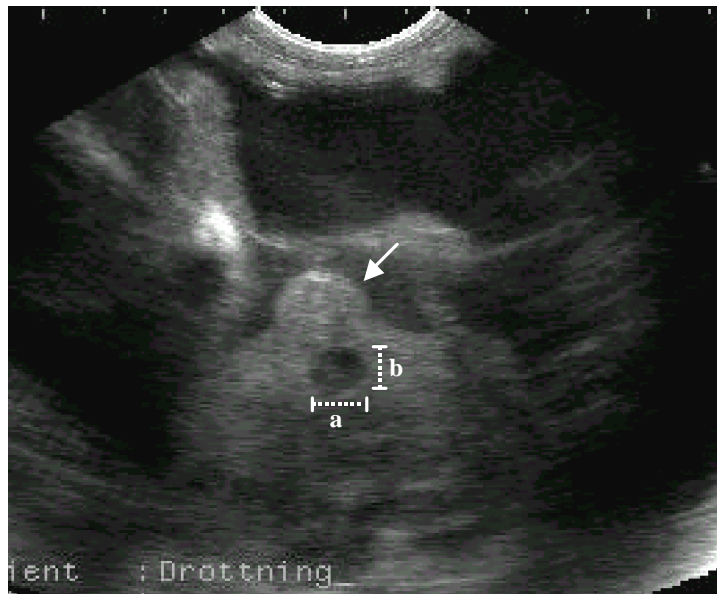


Abb. 14: Die Messung des Längs- (a) und Querdurchmessers (b) des Urachus im Querschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 118. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert den Penis.

5.2.5.16 Die Vermessung der Wirbelkörper

Die Messung erfolgte wie für die Halswirbel beschrieben (siehe Seite 57, Kapitel 5.2.5.7). Als Lokalisation für die Messung stellte sich der Lendenbereich als besonders geeignet heraus (Abb. 15).

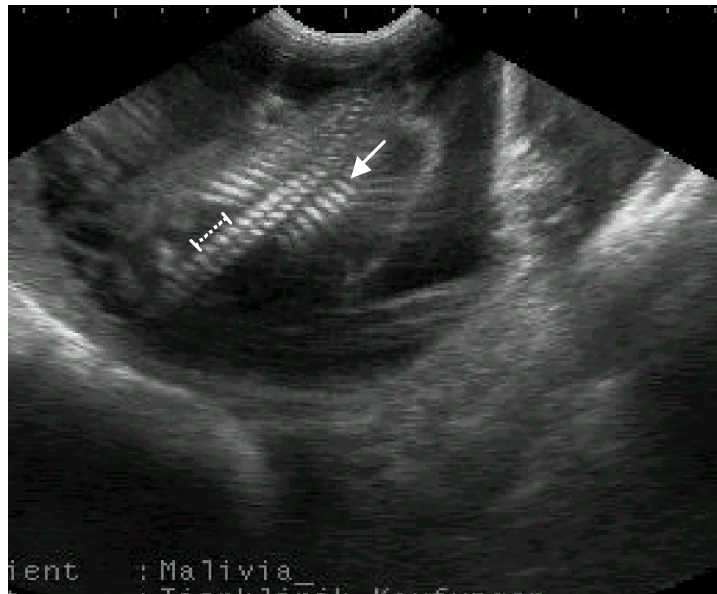


Abb. 15: Die Messung der Länge von drei Wirbelkörpern und ihrer Zwischenräume im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 90. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert die Rippen.

5.2.5.17 Die Vermessung der langen Röhrenknochen

Für die Messung der ossifizierten Anteile der Diaphysen der langen Röhrenknochen, vor allem von Radius und Ulna, von Metakarpus und Metatarsus und in einigen Fällen auch von Tibia und Fibula wurde zunächst die Einstellung aufgesucht, in der die Diaphyse ihre größte Länge aufwies (Abb. 16). Dieser Bereich intensiver Ossifikation, erkennbar an der starken Echogenität, wurde der Länge nach vermessen. Bei der Messung von Radius und Ulna wurden beide Knochen als Einheit angesehen, da eine präzise Unterscheidung sonographisch nicht möglich war (KÄHN 1989).

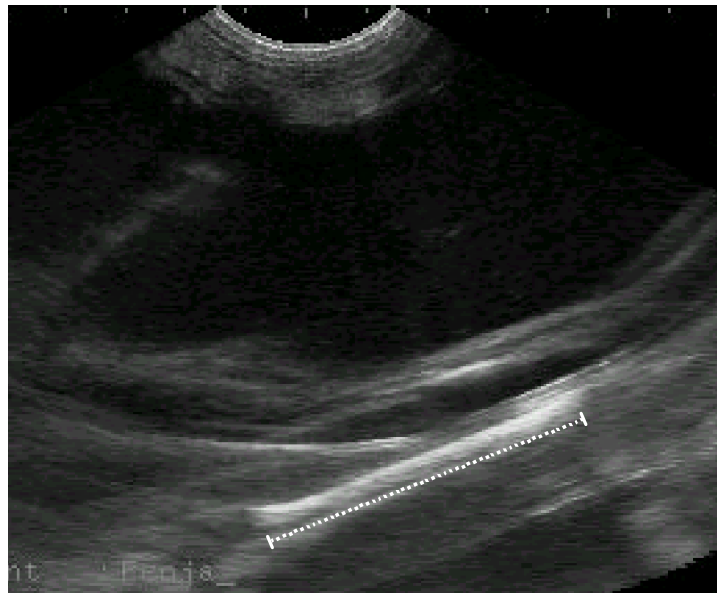


Abb. 16: Die Messung der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphysen von Radius und Ulna bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 172. Tag der Gravidität.

5.2.5.18 Die Vermessung von Darmbein (Os ilium) und Sitzbein (Os ischii)

Die Beckenknochen wurden im Längsschnitt vermessen (Abb. 17). Bestimmt wurde die größte Ausdehnung der echoreichen, ossifizierten Bereiche der Diaphysen von kranial nach kaudal.

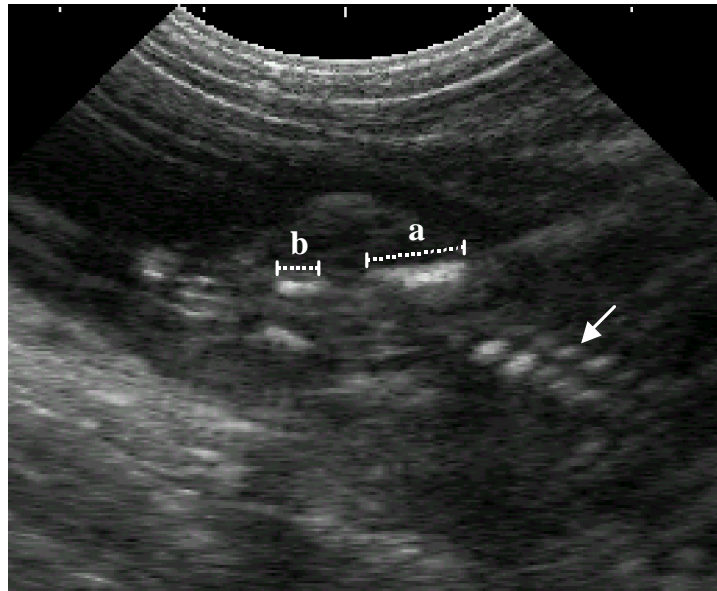


Abb. 17: Die Messung der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphysen des Os ilium (a) und des Os ischii (b) im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 71. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert die Wirbelsäule.

5.2.5.19 Die Messung der Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)

Die Messung der Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP = Combined Thickness of Uterus and Placenta) erfolgte an der ventralen Wand des Corpus uteri nahe der Zervix (Abb. 18). In diesem Bereich grenzt die Harnblase an den Uterus, so dass die Plazenta und die Uteruswand sich deutlich echogen von Harn und von Allantoisflüssigkeit, die sich echoarm darstellen, unterscheiden. Es wurde je Untersuchungstag aus mehreren Messungen der arithmetische Mittelwert festgestellt. Lagen große Unterschiede in der Dicke der Plazenta auf einem Ultraschallbild vor, so wurden die dickste und die schmalste Stelle vermessen und daraus ebenfalls der Mittelwert gebildet.

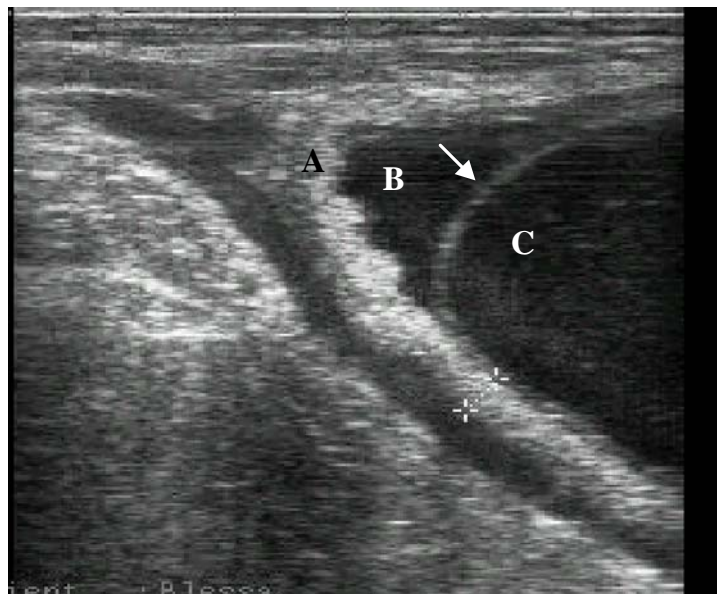


Abb. 18: Die Messung der CTUP (Kreuze) bei einer Islandpferdestute am 172. Tag der Gravidität im ventralen Bereich des Corpus uteri in Anlehnung an RE-NAUDIN et al (1997). A: an die Zervix angrenzende Plazenta; B: Allantoisflüssigkeit; C: Amnionflüssigkeit; Pfeil: Allantoamnion.

5.2.5.20 Die Geschlechtsbestimmung

Die Geschlechtsbestimmung wurde nach Aufsuchen des Genitalhöckers (Tuberculum genitale, TG) bzw. im späteren Trächtigkeitsstadium des Penis beim männlichen Fetus bzw. der Milchdrüse beim weiblichen Fetus durchgeführt (Abb. 19).

Das Genitaltuberkel stellte sich im Ultraschallbild hyperechogen dar und besaß bis zum 80. Tag der Gravidität eine bilobuläre und danach eine trilobuläre Struktur (CURRAN und GINTHER 1989; RENAUDIN 2000). Der Fetus wurde im Querschnitt beginnend am Kopf von kranial nach kaudal „abgefahren“. Der Bereich des ventralen Abdomens zwischen der Nabelschnur und den Hinterbeinen sowie die Perinealregion wurden eingehend auf das Vorhandensein des Genitaltuberkels respektive des Penis oder der Milchdrüse untersucht.

Im Sagittalschnitt konnte der Abstand des Genitaltuberkels zur Nabelschnur bzw. zum Anus bestimmt werden (CURRAN und GINTHER 1989).

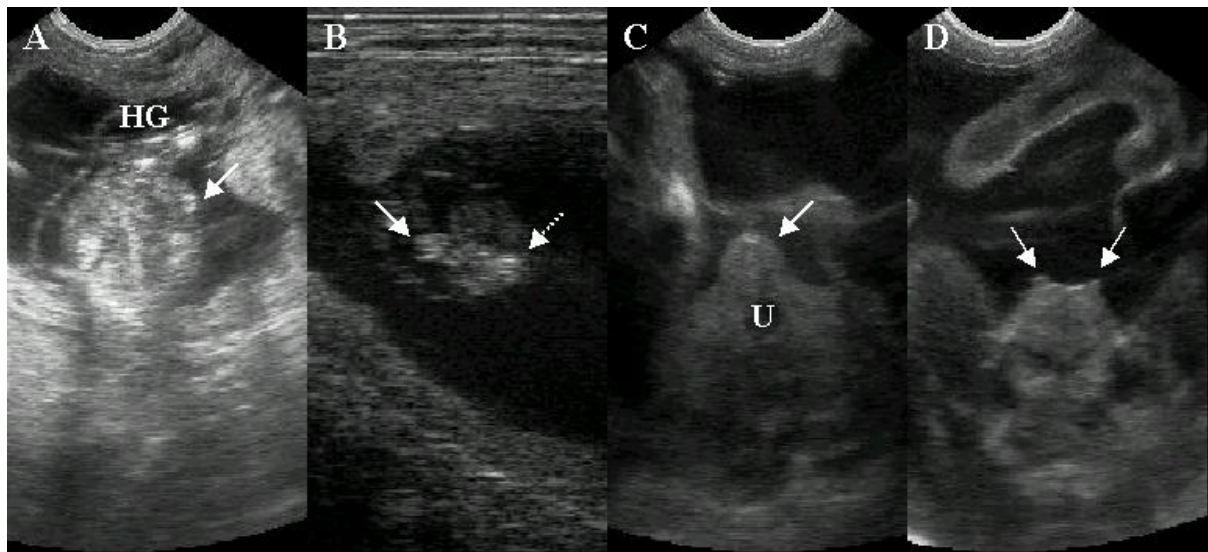


Abb. 19: A) männlicher Fetus im Querschnitt um den 60. Tag, Genitaltuberkel (Pfeil) zwischen den Hintergliedmaßen (HG); B) weiblicher Fetus um den 60. Tag, Genitaltuberkel (Pfeil) ventral des Schwanzquerschnittes (gestrichelter Pfeil); C) männlicher Fetus in Rückenlage am 118. Tag, Penis (Pfeil) im Querschnitt an der ventralen Bauchwand in Nachbarschaft zum Urachus (U); D) weiblicher Fetus in Rückenlage, Mamma im Querschnitt am 132. Tag (die Pfeile markieren die Zitzen).

5.2.6 Statistik

Die erhobenen Daten der vorliegenden Studie aus insgesamt 645 Untersuchungen wurden protokolliert und graphisch als Streudiagramme dargestellt, wobei das Alter der Feten (der Tag der Gravidität) jeweils auf der Abszisse in Tagen und der sonographisch gemessene Wert auf der Ordinate in Millimetern (mm) dargestellt wurden. Die in den Grafiken angegebene Anzahl (n) bezieht sich jeweils auf die Gesamtzahl der Untersuchungen bei zwölf Stuten.

Mithilfe des Softwareprogramms StatView® 5.0 des Herstellers SAS Institute Inc., USA wurde geprüft, welche Regressionsfunktion (linear, quadratisch und exponentiell) das Wachstum der einzelnen Strukturen am besten beschrieb. Das am besten geeignete Modell wurde daraufhin für die weiteren Analysen verwendet.

Des Weiteren wurde die Regressionsgleichung ermittelt und der Korrelationskoeffizient (r) errechnet. Dieser Korrelationskoeffizient sowie die Streuung der einzelnen Ergebnisse wurden als Kriterien genutzt, wie präzise das Wachstum des jeweiligen Parameters das Alter des Fetus charakterisierte.

Ferner errechnete das Programm StatView® 5.0 die Signifikanz P für die Korrelation zum Tag der Gravidität. Ein P-Wert von $\leq 0,05$ entsprach einem signifikanten Ergebnis. Signifikanzen, deren Irrtumswahrscheinlichkeit P kleiner als 0,01 war, wurden ebenfalls mit $P \leq 0,01$ bezeichnet.

6 ERGEBNISSE

6.1 Probanden

Es wurden in der Studie zwölf Islandpferdestuten über den Zeitraum einer Trächtigkeit untersucht. Das Alter der Stuten lag im Mittelwert bei $12,3 \pm 4,5$ Jahren ($\bar{x} \pm s$), während der Median bei 11,5 Jahren festzumachen war. Das minimale Alter der untersuchten Stuten betrug fünf Jahre, die älteste untersuchte Stute hatte ein Alter von 21 Jahren.

Die Fohlen der untersuchten Stuten kamen ausnahmslos auf der Weide ohne Geburtskomplikationen und ohne jegliche Geburtshilfe zur Welt. Des Weiteren war eine tierärztliche Behandlung bei den Fohlen nach der Geburt in keinem Fall notwendig. Daraus wurde gefolgert, dass es sich bei den untersuchten Trächtigkeiten der vorliegenden Studie um normale Graviditäten mit physiologischer Fetalentwicklung handelte.

6.2 Medizinische Behandlung

Stute Nr. 7 wurde aufgrund einer geringgradig deutlichen Lahmheit an der linken Vordergliedmaße über fünf Tage mit Phenylbutazon (Hippopalazon[®], Aristavet, Ravensburg) mediziert. Die Dosierung betrug zwei Mal täglich 1 g Phenylbutazon. Bei den Stuten Nr. 8 und Nr. 9 wurde eine Uterusinstillation von 40 ml Gentamicin 50 an drei aufeinanderfolgenden Tagen parallel zur Bedeckung vorgenommen, da die erste Bedeckung nicht zu einer Konzeption geführt hatte.

Während der Sommermonate wurden die Stuten während der Untersuchungszeit mit einem Repellent zur Abwehr von Insekten behandelt. Weitere Medikationen, insbesondere eine Sedierung der Patienten, wurden zur Durchführung der transrektalen Sonographie nicht vorgenommen.

6.3 Vorausgehende Untersuchungen

Die Stuten wurden vor der Aufnahme in die Studie einer klinischen Allgemeinuntersuchung unterzogen. Des Weiteren wurden mittels Ultraschall die Funktionskörper beider Ovarien untersucht und der Zyklusstand bestimmt.

6.4 Untersuchungen pre ovulationem

Der Zeitpunkt der Ovulation wurde durch tägliche sonographische Kontrolle ab einer Follikelgröße von 30 mm festgestellt. Der Tag, an dem der Follikel sonographisch nicht mehr auszumachen war und an seiner Stelle ein Corpus luteum festgestellt werden konnte, wurde als „Tag 0“ festgelegt.

6.5 Dauer der Untersuchungen

Die Untersuchungen dieser Studie dauerten jeweils zwischen drei und 35 Minuten, ohne die benötigte Zeit für die Vorbereitung der Stuten mit einzubeziehen. Untersuchungen während des dritten bis sechsten Monats nahmen, bedingt durch die Lage des Fetus und die Anzahl der gemessenen Strukturen, die längste Zeit in Anspruch.

6.6 Ergebnisse der biometrischen Messungen

6.6.1 Die Vermessung der Fruchtblasen

Die Fruchtblase war bei 90% der untersuchten Stuten (9/10) erstmals am zehnten Tag post ovulationem (p. ov.) sonographisch darstellbar (Abb. 20). Am elften Tag p. ov. konnte bei 100% der untersuchten Stuten (10/10) der Konzeptus sichtbar gemacht werden. Stute Nr. 2 trat erst am zwölften Tag p. ov. in die Studie ein und Stute Nr. 1 erst am 24. Tag nach der Ovulation, daher wurden sie hierbei nicht berücksichtigt. Bis zum 40. Tag p. ov. konnten 100% der Fruchtblasen (12/12) vollständig dargestellt und vermessen werden, am 42. Tag p. ov. noch 75% (9/12), am 46. Tag p. ov. 58% (7/12). Um den 50. Tag p. ov. reichten die Eindringtiefe und die Bildbreite des Ultraschallgerätes nicht mehr aus, um die Fruchtblase vollständig abzubilden und ihre Größe zu bestimmen. Die Messungen der Größe der Fruchtblasen wurden aus diesem Grunde eingestellt.

6.6.1.1 Der Längsdurchmesser der Fruchtblasen

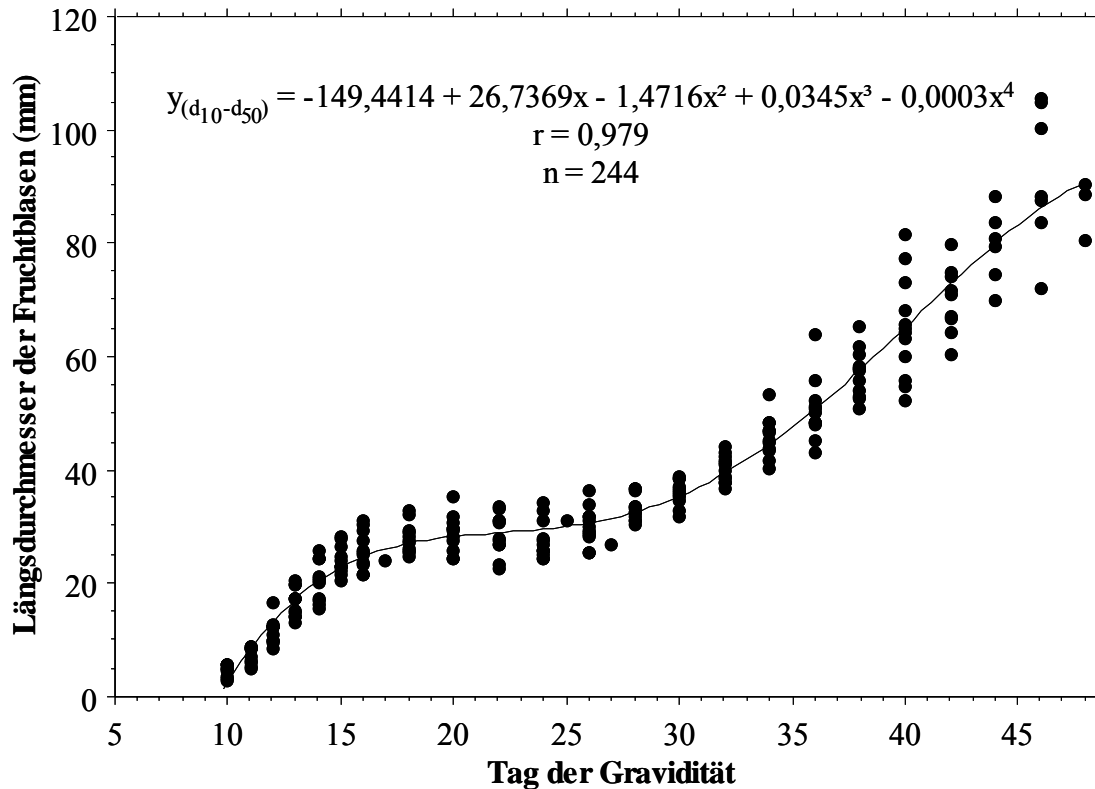


Abb. 20: Die Zunahme des Längsdurchmessers der Fruchtblasen bei Islandpferden während der ersten beiden Monate der Trächtigkeit.
(Vermessung des Längsdurchmessers der Fruchtblasen siehe Seite 52, Abb. 4, Kapitel 5.2.5.2)

Der Längsdurchmesser der kleinsten darstellbaren Fruchtblase am zehnten Tag p. ov. betrug 2,7 mm (Abb. 20), die maximale Länge lag bei 5,7 mm, während der Mittelwert aller am zehnten Tag gemessenen Längsdurchmesser $4,6 \pm 1,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; n = 9) ergab. Am 42. Tag p. ov. lag der minimale Längsdurchmesser einer Fruchtblase bei 60,5 mm, der maximale bei 79,6 mm und der Mittelwert der Längsdurchmesser aller gemessenen Fruchtblasen bei $69,9 \pm 5,9$ mm ($\bar{x} \pm s$; n = 9).

Das Wachstum der Fruchtblasen zeigte eine sigmoide Form mit einem Plateau zwischen dem 16. und 30. Trächtigkeitstag (Abb. 20). Zwischen dem zehnten und 16. sowie zwischen dem 30. und 46. Tag p. ov. verlief das Wachstum annähernd linear, wobei die mittlere tägliche Größenzunahme des Längsdurchmessers etwa 3,6 mm zwischen dem zehnten und 16. Tag p. ov.

betrug und etwa 2,8 mm zwischen dem 30. und 46. Tag p. ov. Zwischen dem Gestationsalter und dem Längsdurchmesser der Fruchtblase bestand während des untersuchten Zeitraumes eine enge Korrelation ($r_{(d10-d50)} = 0,979$; $P \leq 0,01$). Die Streuung der Ergebnisse war gering, nahm ab dem 40. Tag p. ov. jedoch zu.

6.6.1.2 Der mittlere Durchmesser der Fruchtblasen

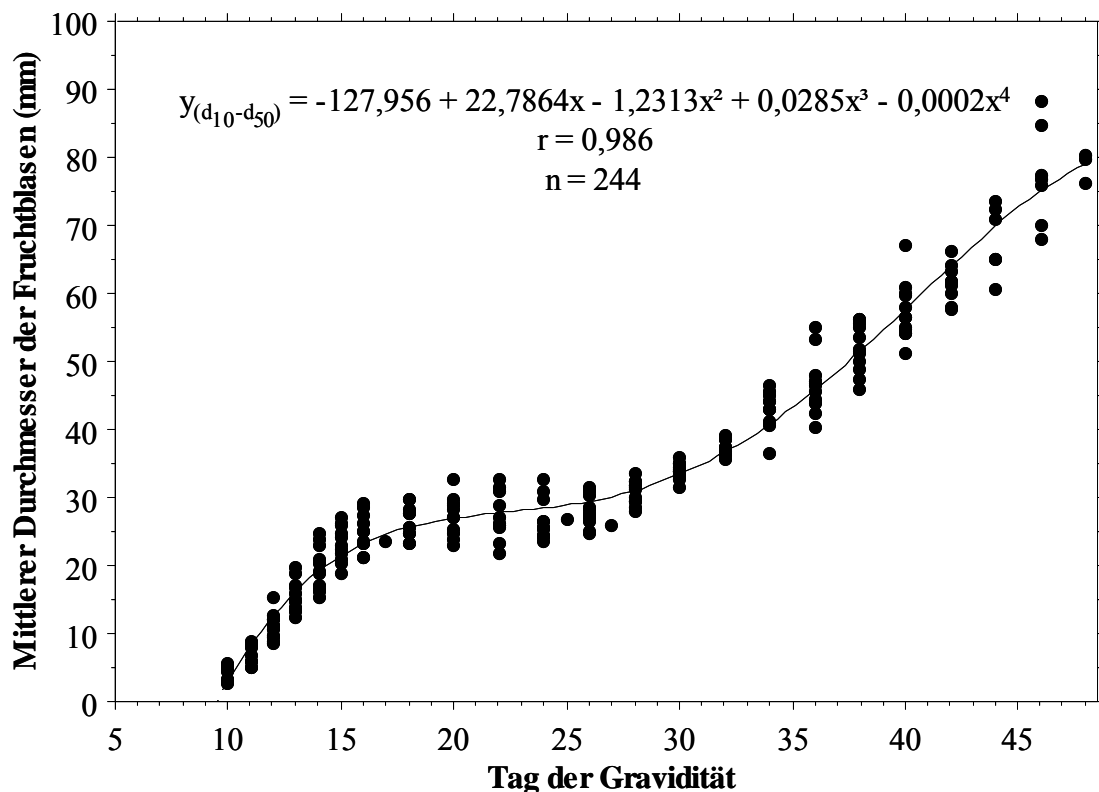


Abb. 21: Die Zunahme des mittleren Durchmessers der Fruchtblasen bei Islandpferden während der ersten beiden Monate der Trächtigkeit.
 (mittlerer Durchmesser der Fruchtblasen: $(a+b)/2$; a = größter Ø, b = darauf senkrecht stehender Ø, siehe Seite 52, Abb. 4, Kapitel 5.2.5.2)

Der mittlere Durchmesser der Fruchtblasen wurde errechnet als arithmetischer Mittelwert aus dem größten Längsdurchmesser und dem dazu senkrecht stehenden Querdurchmesser.

Die kleinste darstellbare Fruchtblase am zehnten Tag p. ov. wies einen mittleren Durchmesser von 2,7 mm auf (Abb. 21), der maximale mittlere Durchmesser betrug 5,6 mm, der Mittelwert aller mittleren Durchmesser der Fruchtblasen am zehnten Tag lag bei $4,4 \pm 1,0$ mm ($\bar{x} \pm s$;

n = 9). Am 42. Tag p. ov. betrug der mittlere Durchmesser der kleinsten Fruchtblase 57,7 mm, der der größten 66,3 mm und der Mittelwert aller mittleren Durchmesser der Fruchtblasen $61,5 \pm 2,8$ mm ($\bar{x} \pm s$; n = 9). Die durchschnittliche tägliche Größenzunahme des mittleren Durchmessers der Fruchtblasen betrug etwa 3,4 mm zwischen dem zehnten und 16. Tag p. ov. und etwa 2,5 mm zwischen dem 30. und 46. Tag p. ov.

Die Wachstumskurve zeigte zwischen dem 10. und 50. Tag der Trächtigkeit einen ebensolchen Verlauf wie die des Längsdurchmessers (Abb. 21). Der mittlere Durchmesser der Fruchtblase wies eine sehr enge Korrelation zum Trächtigkeitstag auf ($r_{(d10-d50)} = 0,986$; $P \leq 0,01$). Die Streuung der Ergebnisse war gering.

6.6.2 Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge

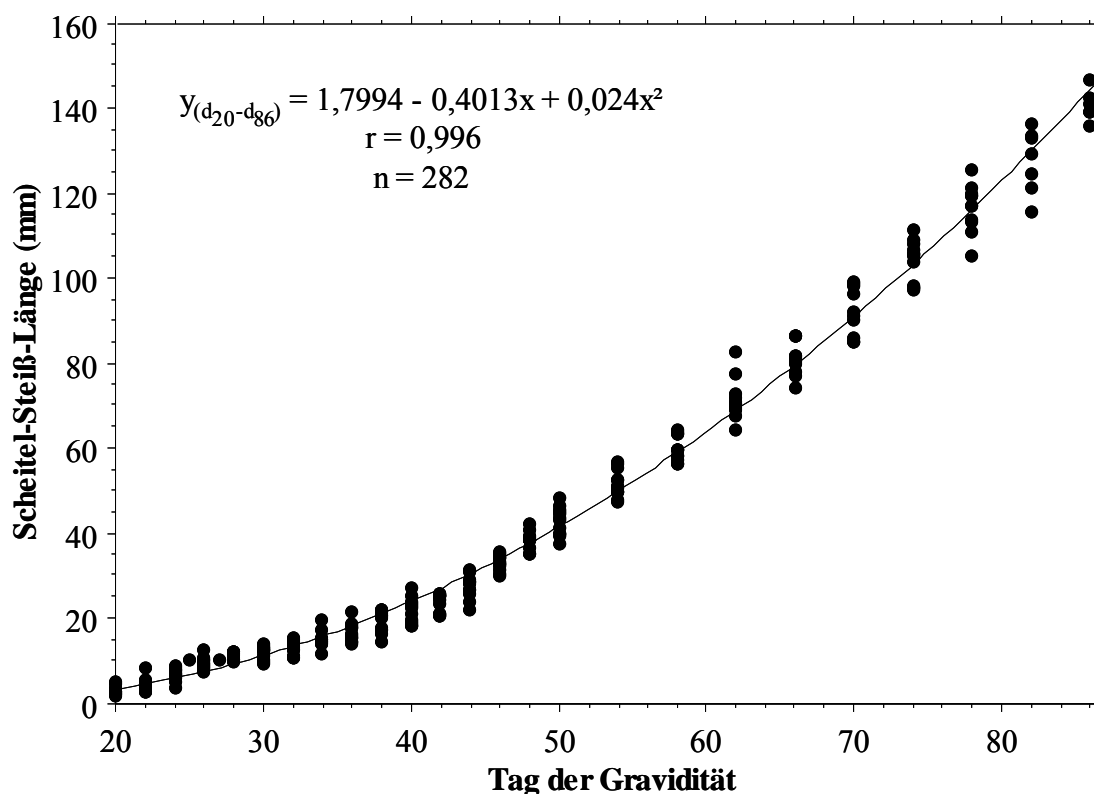


Abb. 22: Die Zunahme der Scheitel-Steiß-Länge bei Embryonen bzw. Feten von Is-landpferden zwischen dem 20. und dem 86. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung der Scheitel-Steiß-Länge siehe Seite 53, Abb. 5, Kapitel 5.2.5.3)

Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge (SSL) des Embryos war erstmalig am 20. Tag der Gravidität möglich (Abb. 22), zu diesem Zeitpunkt bei 72% der Stuten (8/11). Zwischen dem 24. und dem 66. Tag p. ov. war die SSL bei 100% der Embryonen bzw. Feten (12/12) messbar. Danach nahm die Anzahl der Feten ab, bei denen eine Messung der SSL möglich war. Am 78. Tag p. ov. gelang die Messung noch bei 92% der Feten (11/12), am 86. Tag p. ov. bei 50% (6/12) und um den 90. Tag p. ov. überschritt die Länge des Fetus die Breite des Ultraschallbildschirmes, so dass eine Messung ab diesem Zeitpunkt nicht mehr möglich war.

Der Mittelwert aller am 20. Tag p. ov. gemessenen SSL betrug $3,2 \pm 1,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 8$), der minimale gemessene Wert lag bei 1,9 mm und der maximale bei 5,0 mm (Abb. 22). Am 86. Tag p. ov. erreichte die minimale SSL 136,2 mm, die maximale 146,6 mm und der Mittelwert aller Messungen $140,9 \pm 3,5$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$).

Die SSL nahm zwischen dem 20. und 86. Tag p. ov. mit fortschreitender Trächtigkeit schneller zu als zu Beginn der Gravidität (Abb. 22). Die Korrelation zum Tag der Gravidität war während des untersuchten Zeitraumes sehr eng ($r_{(d20-d86)} = 0,996$; $P \leq 0,01$) und die Streuung der Einzelwerte sehr gering.

6.6.3 Die Vermessung der Schädelhöhle

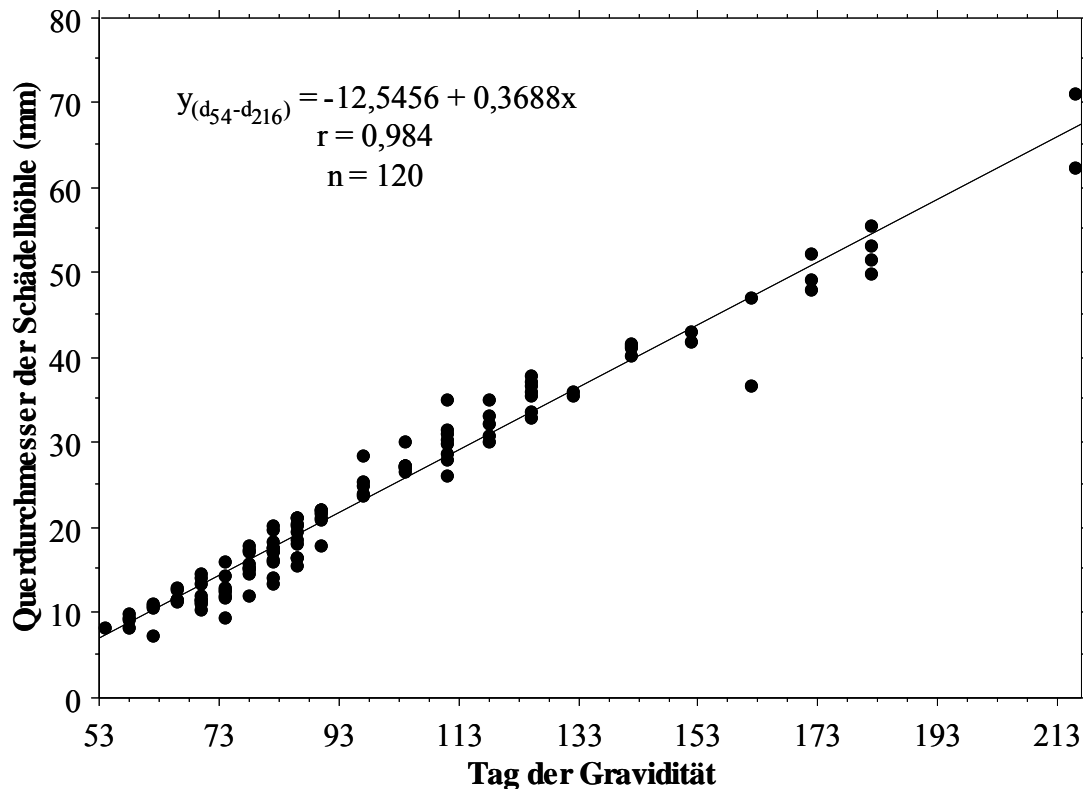


Abb. 23: Die Zunahme des Querdurchmessers der Schädelhöhle bei Feten von Islandpferden zwischen dem 54. und 216. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung der Schädelhöhle siehe Seite 54, Abb. 6, Kapitel 5.2.5.4)

Der Querdurchmesser der Schädelhöhle ließ sich erstmalig am 54. Tag der Trächtigkeit vermessen (Abb. 23), und zwar bei 8% der Feten (1/12). Am 66. Tag p. ov. konnte die Schädelhöhle bei 50% der Feten (6/12) und am 70. Tag p. ov. bei 75% der Feten (9/12) vermessen werden. Um den 82. Tag p. ov. konnte bei 92% der Feten (11/12) die Messung der Schädelhöhle durchgeführt werden. Zwischen dem 90. und 125. Tag p. ov. wurde die Messung bedingt durch das stetige Wachstum bereits schwieriger und war nur noch bei 58% der Feten (7/12) möglich. Ab dem 132. Tag p. ov. war die Messung nur noch in Einzelfällen (18%; 2/11) durchführbar. Nach dem 216. Tag p. ov. war die vollständige Darstellung des Schädels auf dem Bildschirm des Ultraschallgerätes aufgrund der Größe nicht mehr möglich.

Der minimale Querdurchmesser der Schädelhöhle betrug am 66. Tag p. ov. 11,4 mm, der maximale 12,9 mm und der Mittelwert aller am 66. Tag durchgeführten Messungen $12,0 \pm 0,7$ mm

($\bar{x} \pm s$; $n = 6$; Abb. 23). Am 125. Tag p. ov. betrug der Mittelwert aller gemessenen Querdurchmesser der Schädelhöhle $35,7 \pm 1,9$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$), der minimale Querdurchmesser 32,9 mm und der maximale 38,0 mm.

Die Zunahme des Querdurchmessers der Schädelhöhle zeigte zwischen dem 54. und 216. Tag der Gravidität einen linearen Verlauf (Abb. 23). Seine Korrelation zum Stadium der Trächtigkeit war sehr eng ($r_{(d54-d216)} = 0,984$; $P \leq 0,01$) bei einer sehr geringen Streuung der Ergebnisse.

6.6.4 Die Vermessung des Auges

Die Vermessung des Auges war vom Beginn des zweiten Trächtigkeitsmonats bis zur Geburt möglich (Abb. 24, Abb. 25). Zum ersten Mal gelang am 30. Tag der Gravidität die sonographische Vermessung des Auges, zu diesem Zeitpunkt bei 8% der Embryonen (1/12). Am 32. Tag p. ov. konnte das Auge von 58% der Embryonen (7/12) vermessen werden, ab dem 36. Tag p. ov. bereits von 100% (12/12).

6.6.4.1 Der Längsdurchmesser des Augapfels

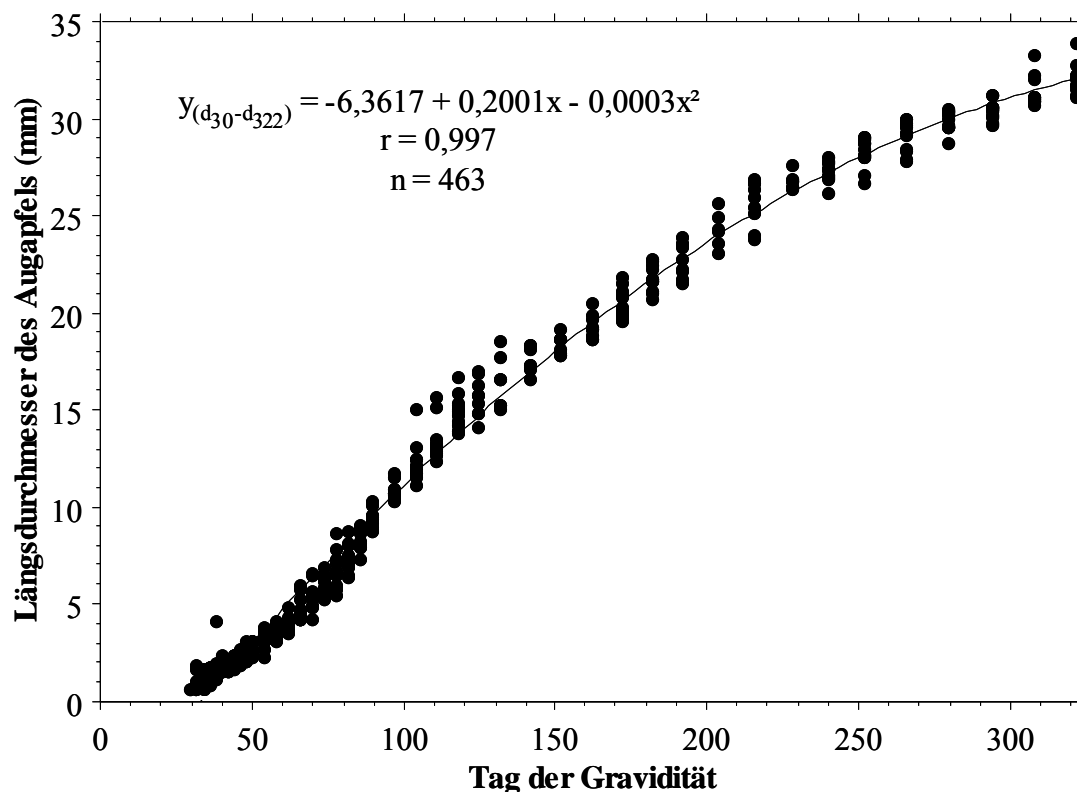


Abb. 24: Die Zunahme des Längsdurchmessers des Augapfels bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 322. Tag der Trächtigkeit. (Vermessung des Längsdurchmessers des Augapfels siehe Seite 55, Abb. 7, Kapitel 5.2.5.5)

Der Längsdurchmesser des Augapfels maß am 34. Trächtigkeitstag im Mittel aus allen durchgeführten Messungen $1,2 \pm 0,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 11$), wobei die minimale gemessene Länge 0,6 mm und die maximale 1,6 mm betrug (Abb. 24). Am 322. Tag p. ov. betrug der Mittelwert der gemessenen Längsdurchmesser des Augapfels $32,0 \pm 0,8$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 11$), der minimale Wert 31,1 mm und der maximale 33,9 mm.

Der Längsdurchmesser des Augapfels nahm mit fortschreitender Gravidität in etwas geringerem Maße zu als am Anfang der Trächtigkeit (Abb. 24). Er besaß zwischen dem 30. und dem 322. Tag der Trächtigkeit eine sehr hohe Korrelation zum Alter des Fetus ($r_{(d_{30}-d_{322})} = 0,997$; $P \leq 0,01$), wobei nur sehr geringe Abweichungen der Ergebnisse untereinander auftraten.

6.6.4.2 Der Querdurchmesser des Augapfels

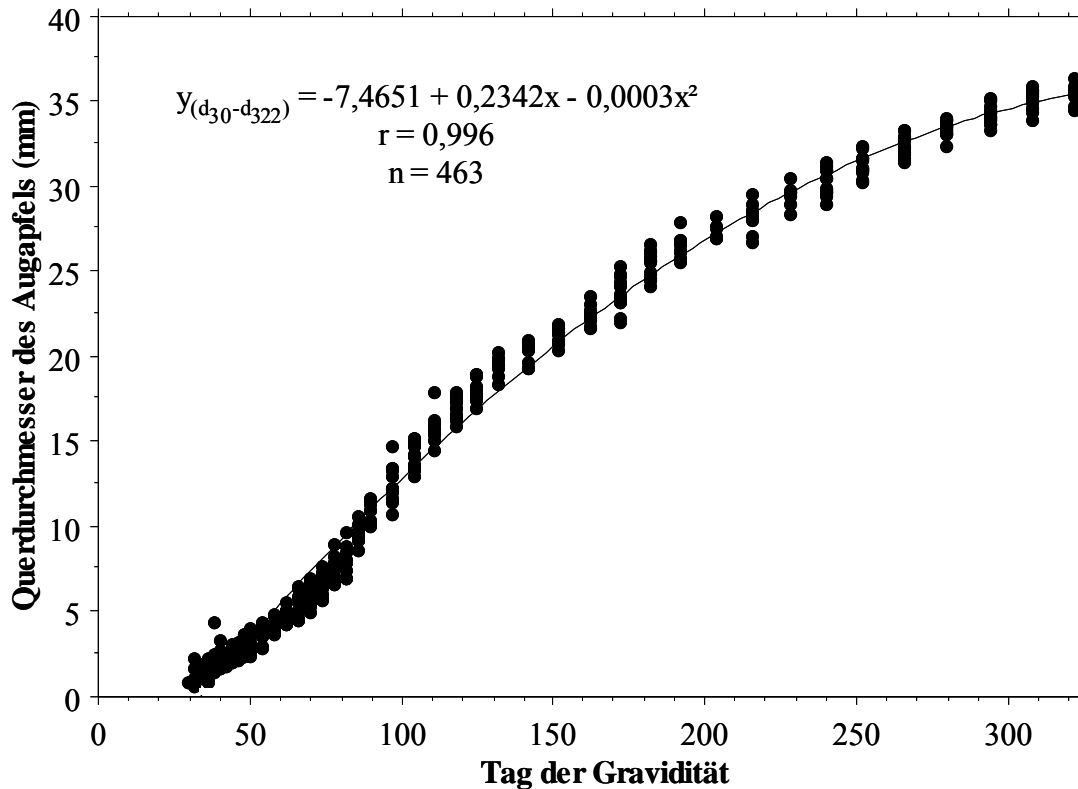


Abb. 25: Die Zunahme des Querdurchmessers des Augapfels bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 322. Tag der Trächtigkeit. (Vermessung des Querdurchmessers des Augapfels siehe Seite 55, Abb. 7, Kapitel 5.2.5.5)

Am 34. Tag der Gravidität betrug der minimale Querdurchmesser 1,1 mm (Abb. 25), der maximale 1,9 mm und der Mittelwert aller am 34. Tag durchgeführten Messungen $1,5 \pm 0,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; n = 11). Am 322. Tag p. ov. lag der Mittelwert aller Messungen bei $35,5 \pm 0,5$ mm ($\bar{x} \pm s$; n = 11), die minimale Länge bei 34,5 mm und die maximale Länge bei 36,3 mm.

Die Wachstumskurve des Querdurchmessers des Augapfels glich in ihrer Ausprägung der des Längsdurchmessers (Abb. 25). Darüber hinaus besaß der Querdurchmesser ebenso wie der Längsdurchmesser während des untersuchten Zeitraumes eine sehr enge Beziehung zum Stadium der Gravidität ($r_{(d30-d322)} = 0,996$; $P \leq 0,01$) mit einer ebenfalls sehr geringen Streuung der Ergebnisse.

6.6.4.3 Der mittlere Durchmesser des Augapfels

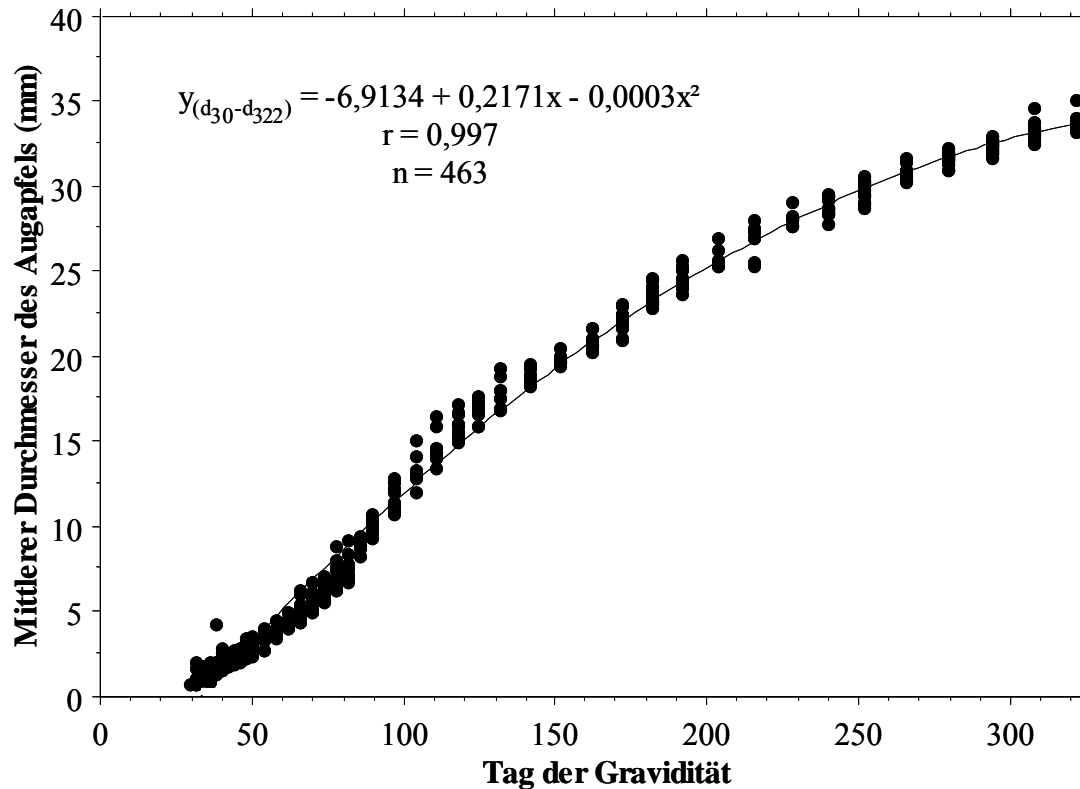


Abb. 26: Die Zunahme des mittleren Durchmessers des Augapfels bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 322. Tag der Trächtigkeit.

(mittlerer Durchmesser des Augapfels: $(a+b)/2$; a = größter Ø, b = darauf senkrecht stehender Ø, siehe Seite 55, Abb. 7, Kapitel 5.2.5.5)

Der mittlere Durchmesser des Augapfels wurde errechnet als arithmetischer Mittelwert aus dem Längsdurchmesser und dem Querdurchmesser des Augapfels.

Der Verlauf der Wachstumskurve, die Korrelation zum Trächtigkeitstag sowie die Streuung der Ergebnisse glichen im untersuchten Zeitraum denen der Einzelwerte ($r_{(d_{30}-d_{322})} = 0,997$; $P \leq 0,01$; Abb. 26).

6.6.5 Die Vermessung der Trachea

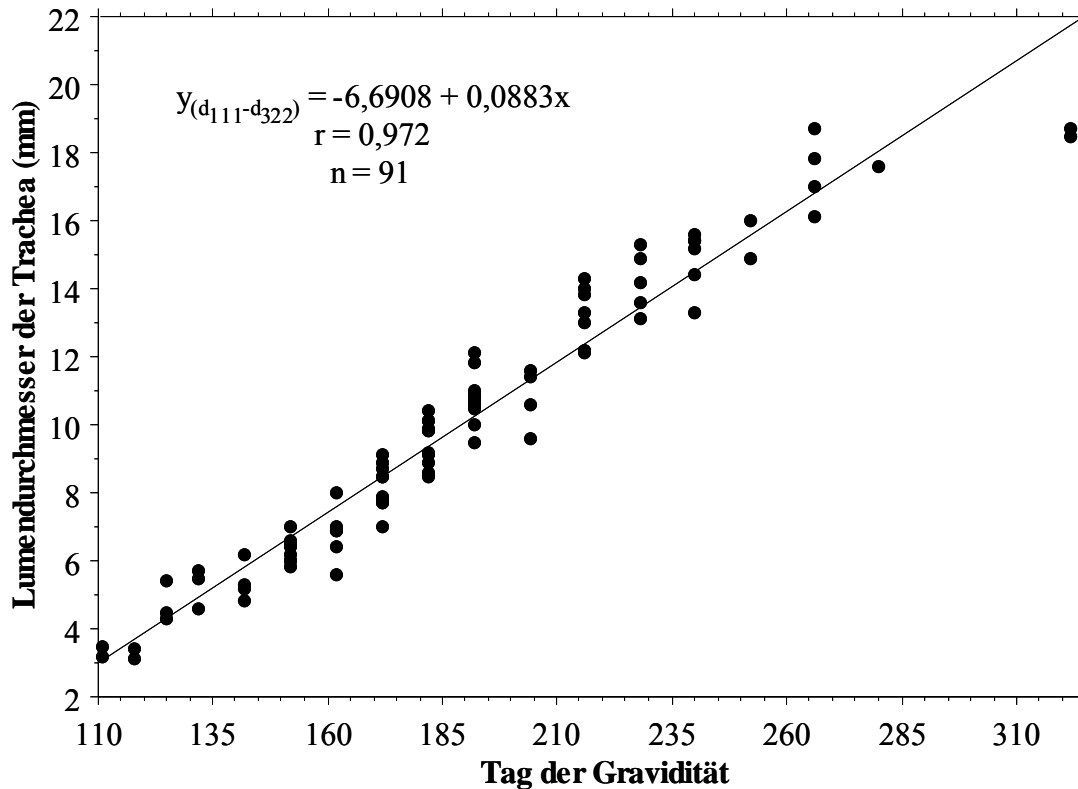


Abb. 27: Die Zunahme des Lumendurchmessers der Trachea bei Feten von Islandpferden zwischen dem 111. und 322. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung der Trachea siehe Seite 56, Abb. 8, Kapitel 5.2.5.6)

Die Bestimmung des Lumendurchmessers der Trachea war erstmals am 111. Trächtigkeitstag möglich (Abb. 27), zu diesem Zeitpunkt gelang sie bei 17% der Feten (2/12). Am 152. Tag p. ov. konnte bei 67% der Feten (8/12) und ab dem 172. Tag p. ov. bei mindestens 83% der Feten (10/12) die Trachea vermessen werden. Ab dem 204. Tag p. ov. wurde die Untersuchung zunehmend erschwert und die Anzahl der Feten, bei denen die Trachea sonographisch erreicht werden konnte, nahm wieder ab. Um den 240. Tag p. ov. konnte noch bei 50% der Feten (6/12) der Lumendurchmesser der Trachea bestimmt werden, in den letzten drei Monaten der Gravidität jedoch erfolgte die Messung eher sporadisch. Aufgrund der zunehmenden Größe des Fetus und der Lage des Halses vor dem Beckeneingang war nur vereinzelt ein Längsschnitt des Halses möglich. Am 322. Tag p. ov. war die Messung letztmalig durchführbar, und zwar bei 18% der Feten (2/11).

Der Mittelwert der bei der ersten Messung am 111. Tag p. ov. gemessenen Lumendurchmesser der Trachea betrug $3,4 \pm 0,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 2$; Abb. 27). Am 152. Tag p. ov. wurde ein minimaler Lumendurchmesser von 5,8 mm und ein maximaler Lumendurchmesser von 7,0 mm gemessen. Der Mittelwert aller Messungen am 152. Tag p. ov. lag bei $6,3 \pm 0,4$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 8$). Am 240. Tag p. ov. betrug der Mittelwert aller durchgeführten Messungen $14,9 \pm 0,9$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$), der minimale Wert 13,3 mm und der maximale Wert 15,6 mm. Bei der letzten Messung am 322. Tag p. ov. erreichte der Mittelwert der gemessenen Lumendurchmesser der Trachea $18,6 \pm 0,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 2$).

Die Zunahme des Lumendurchmessers der Trachea verlief zwischen dem 111. und 322. Tag der Gravidität linear und besaß eine sehr enge Korrelation zum Alter des Fetus ($r_{(d111-d322)} = 0,972$; $P \leq 0,01$; Abb. 27). Es traten geringe Abweichungen der Einzelwerte untereinander auf.

6.6.6 Die Vermessung der Halswirbel

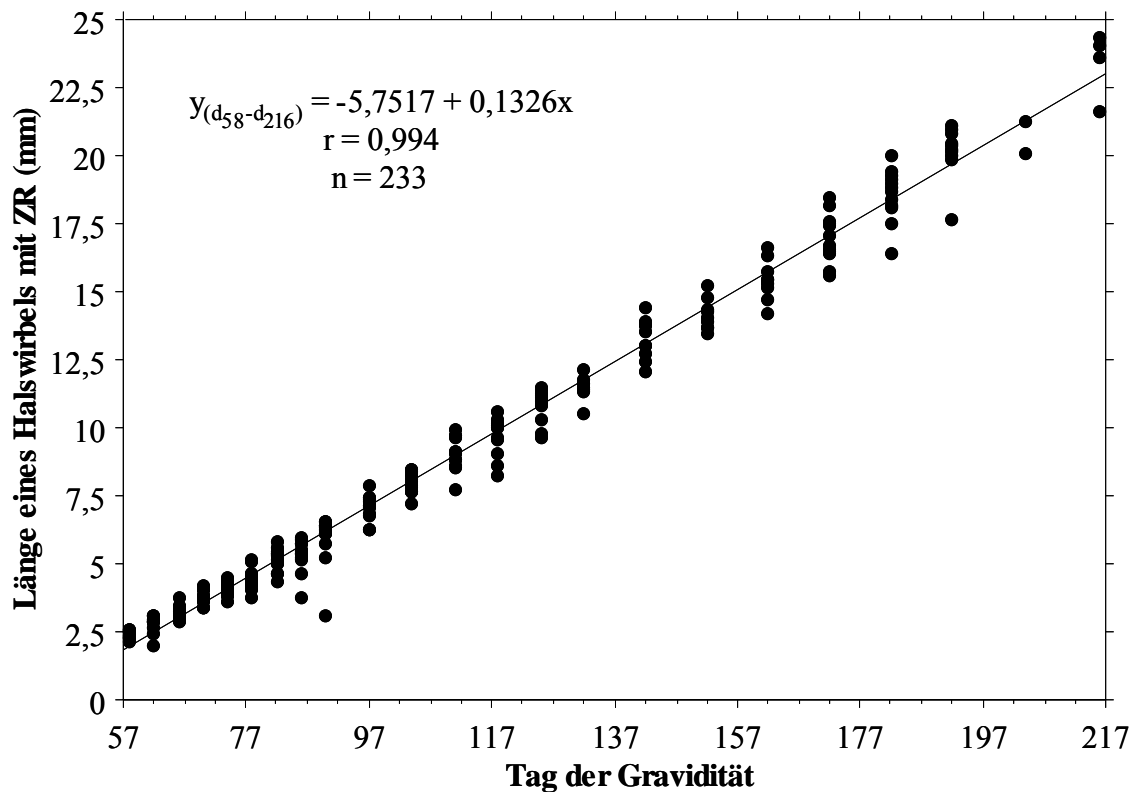


Abb. 28: Die Zunahme der durchschnittlichen Länge eines Halswirbels einschließlich eines Zwischenraumes (ZR) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 58. und 216. Tag der Trächtigkeit.

(durchschnittliche Länge eines Halswirbels einschließlich eines ZR: $(x_1 + x_2 + x_3)/3$; x = Länge eines Halswirbels und des daran angrenzenden ZR, siehe Seite 57, Abb. 9, Kapitel 5.2.5.7)

Für die vorliegende Studie wurde die Länge dreier hintereinander liegender Halswirbel einschließlich ihrer Zwischenräume vermessen und die Gesamtlänge durch drei dividiert, um die Genauigkeit der Messungen zu erhöhen.

Erstmals konnten die Wirbel der fetalen Halswirbelsäule am 58. Trächtigkeitstag sonographisch dargestellt werden (Abb. 28), und zwar bei 67% der Stuten (8/12). Ab dem 70. Tag p. ov. konnte bis zum 118. Tag p. ov. bei 100% der Feten (12/12) die Halswirbelsäule vermessen werden. Am 192. Tag p. ov. ließ sich die Länge von drei Halswirbeln noch bei 83% der Feten (10/12) bestimmen, um den 216. Tag p. ov. war die Messung letztmalig und nur noch in einigen Fällen

(40%; 4/10) möglich. Zwar waren einzelne Halswirbel auch zu späteren Zeitpunkten noch im Ultraschallbild erkennbar, aufgrund ihrer Größe jedoch nicht mehr messbar.

Die minimale durchschnittliche Länge eines Halswirbels einschließlich eines Zwischenraumes am 58. Tag p. ov. betrug 2,2 mm (Abb. 28), die maximale durchschnittliche Länge 2,6 mm. Der Mittelwert aller Messungen der durchschnittlichen Länge eines Halswirbels einschließlich eines Zwischenraumes am 58. Tag lag bei $2,4 \pm 0,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 8$). Am 192. Tag p. ov. belief sich die minimale durchschnittliche Länge eines Halswirbels einschließlich eines Zwischenraumes auf 17,7 mm, die maximale durchschnittliche Länge auf 21,1 mm, der Mittelwert aller am 192. Tag durchgeführten Messungen der durchschnittlichen Länge eines Halswirbels einschließlich eines Zwischenraumes lag bei $20,2 \pm 1,0$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 10$).

Die ermittelte Länge eines Halswirbels einschließlich eines Zwischenraumes zeigte zwischen dem 58. und 216. Tag der Gravidität ein lineares Wachstum (Abb. 28). Sie wies in dem untersuchten Zeitraum eine sehr enge Beziehung zum Trächtigkeitstag auf ($r_{(d58-d216)} = 0,994$; $P \leq 0,01$) und besaß nur eine sehr geringe Streuung der einzelnen Ergebnisse.

6.6.7 Die Vermessung der Rippen

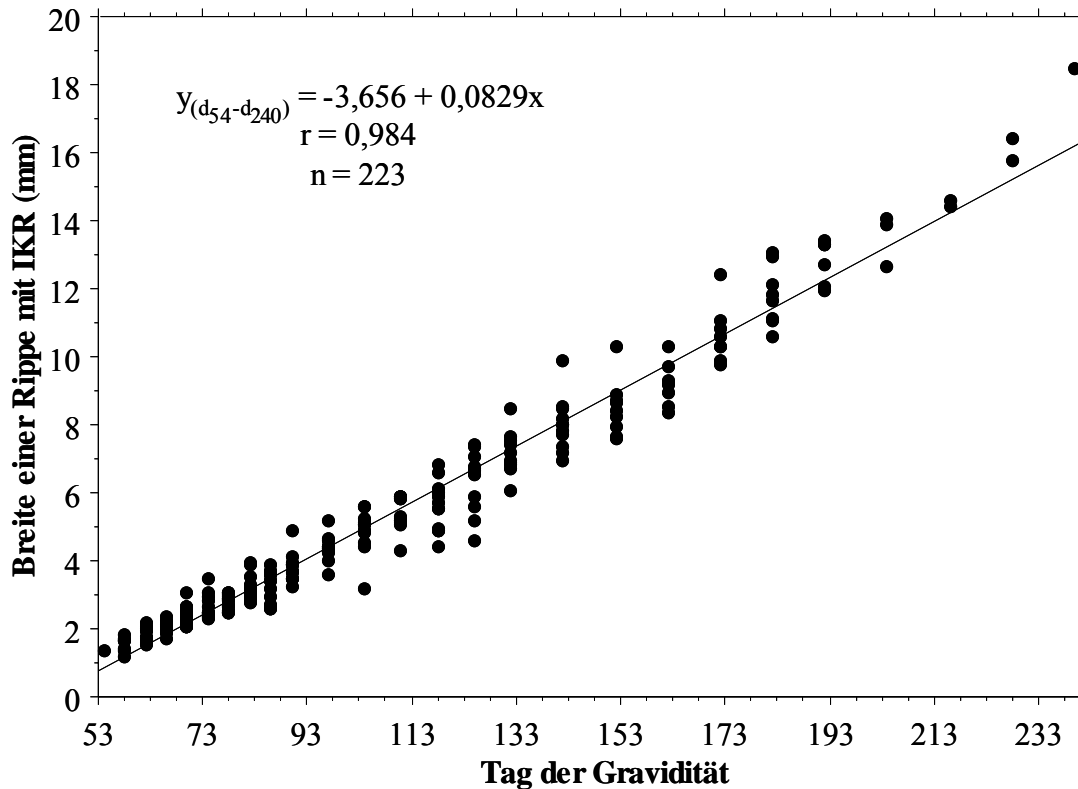


Abb. 29: Die Zunahme der durchschnittlichen Breite einer Rippe einschließlich eines Interkostalraumes (IKR) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 54. und 240. Tag der Trächtigkeit.

(durchschnittliche Breite einer Rippe einschließlich eines IKR: $(x_1 + x_2 + x_3)/3$; x = Breite einer Rippe und des daran angrenzenden IKR, siehe Seite 58, Abb. 10, Kapitel 5.2.5.8)

Um die Genauigkeit der Messungen zu erhöhen, wurde für die vorliegende Studie zunächst die Breite von drei Rippen einschließlich ihrer Interkostalräume vermessen und das Messergebnis durch drei dividiert.

Die Messung war zwischen dem Ende des zweiten und der Mitte des siebten Trächtigkeitsmonats möglich, in Einzelfällen bei günstiger Lage des Fetus bis zum Ende des achten Monats (Abb. 29). Am 54. Tag p. ov. ließ sich erstmalig, und zwar bei 8% der Feten (1/12), die Breite von drei Rippen einschließlich ihrer Interkostalräume vermessen. Am 58. Tag p. ov. war dies bereits bei 58% der Feten (7/12) und ab dem 74. Tag p. ov. erstmals bei 100% der Feten (12/12) möglich. Ab dem 125. Tag p. ov. nahm die Anzahl der Feten ab, bei denen die sonographische

Vermessung der Rippen gelang. Zwischen dem 125. und 142. Tag p. ov. war die Vermessung bei 92% der Feten (11/12) möglich, am 192. Tag p. ov. noch bei 50% (6/12) und um den 240. Tag p. ov. nur noch vereinzelt (8%; 1/12).

Am 58. Tag p. ov. betrug der minimale Wert für die durchschnittliche Breite einer Rippe und des Interkostalraumes 1,2 mm, der maximale Wert 1,8 mm (Abb. 29). Als Mittelwert aller am 58. Tag p. ov. gemessenen durchschnittlichen Breiten einer Rippe einschließlich eines IKR wurden $1,5 \pm 0,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$) errechnet. Am 192. Tag p. ov. lag der Mittelwert aller Messungen der durchschnittlichen Breite einer Rippe einschließlich eines IKR bei $12,8 \pm 0,7$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$), die minimale Breite betrug 11,9 mm und die maximale Breite 13,4 mm.

Die durchschnittliche Breite einer Rippe einschließlich eines Interkostalraumes nahm linear während der für die Messung geeigneten Monate zu (Abb. 29). Sie besaß zwischen dem 54. und 240. Tag p. ov. eine sehr enge Korrelation zum Tag der Gravidität ($r_{(d54-d240)} = 0,984$; $P \leq 0,01$), die Streuung der Einzelwerte war sehr gering.

6.6.8 Die Vermessung des Herzens

Der pulsierende Lichtpunkt auf dem Ultraschallbild, den man schon früh erkennen konnte, erreichte am 24. bis 26. Tag p. ov. messbare Ausmaße (Abb. 30, Abb. 31). Eine quantitative Bestimmung war erstmalig am 24. Tag p. ov. möglich, zu diesem Zeitpunkt bei 45% der Embryonen (5/11). Am 26. Tag p. ov. gelang dies bereits bei 58% der Embryonen (7/12). Am 30. Tag p. ov. konnte schließlich bei allen Embryonen (100%; 12/12) das Herz vermessen werden. Durch das Größenwachstum des Fetus nahm die Anzahl der Feten, bei denen die Messung des Herzens durchgeführt werden konnte, ab dem 97. Tag p. ov. wieder ab. An diesem Tag ließen sich die Länge und die Breite des Herzens noch bei 92% der Feten (11/12) messen, am 132. Tag p. ov. bei 55% (6/11). Am 152. Tag p. ov. erfolgte die Messung letztmalig, und zwar bei 50% der Feten (5/10). Danach reichte die Größe des Ultraschallbildschirmes nicht mehr aus, um das Herz in seiner gesamten Ausdehnung darzustellen und auszumessen.

6.6.8.1 Die Herzlänge

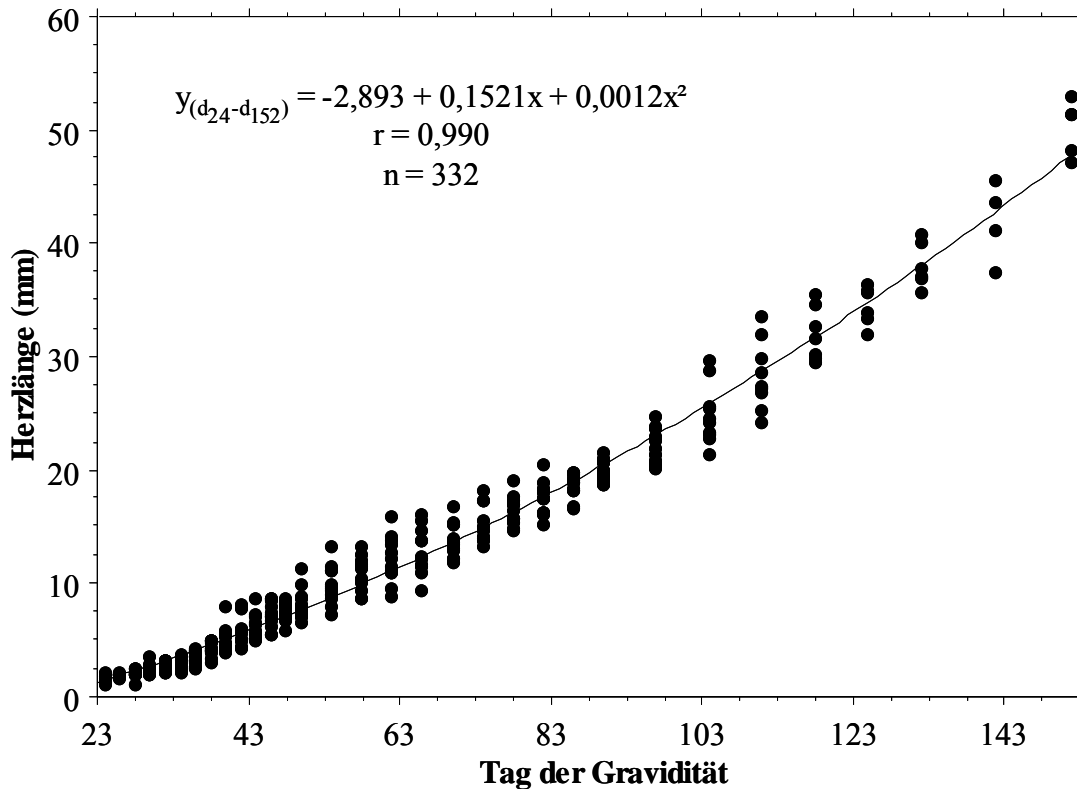


Abb. 30: Die Zunahme der Herzlänge bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 24. und 152. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung der Herzlänge siehe Seite 59, Abb. 11, Kapitel 5.2.5.9)

Am 26. Tag p. ov. maß die kleinste gemessene Herzlänge 1,6 mm, die größte 2,1 mm (Abb. 30). Der Mittelwert aller am 26. Tag p. ov. gemessenen Herzlängen lag bei $1,9 \pm 0,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$). Am 132. Tag p. ov. betrug die minimale Herzlänge 35,6 mm, die maximale 40,7 mm. Der Mittelwert aller Messungen der Herzlänge dieses Tages lag bei $38,0 \pm 2,0$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$).

Die Herzlänge nahm zwischen dem 24. und 152. Tag p. ov. mit fortschreitender Gravidität geringfügig schneller an Größe zu als zu Beginn der Trächtigkeit und besaß eine sehr enge Korrelation zum Alter des Fetus ($r_{(d_{24}-d_{152})} = 0,990$; $P \leq 0,01$; Abb. 30). Die Streuung der Ergebnisse war nur sehr gering.

6.6.8.2 Die Herzbreite

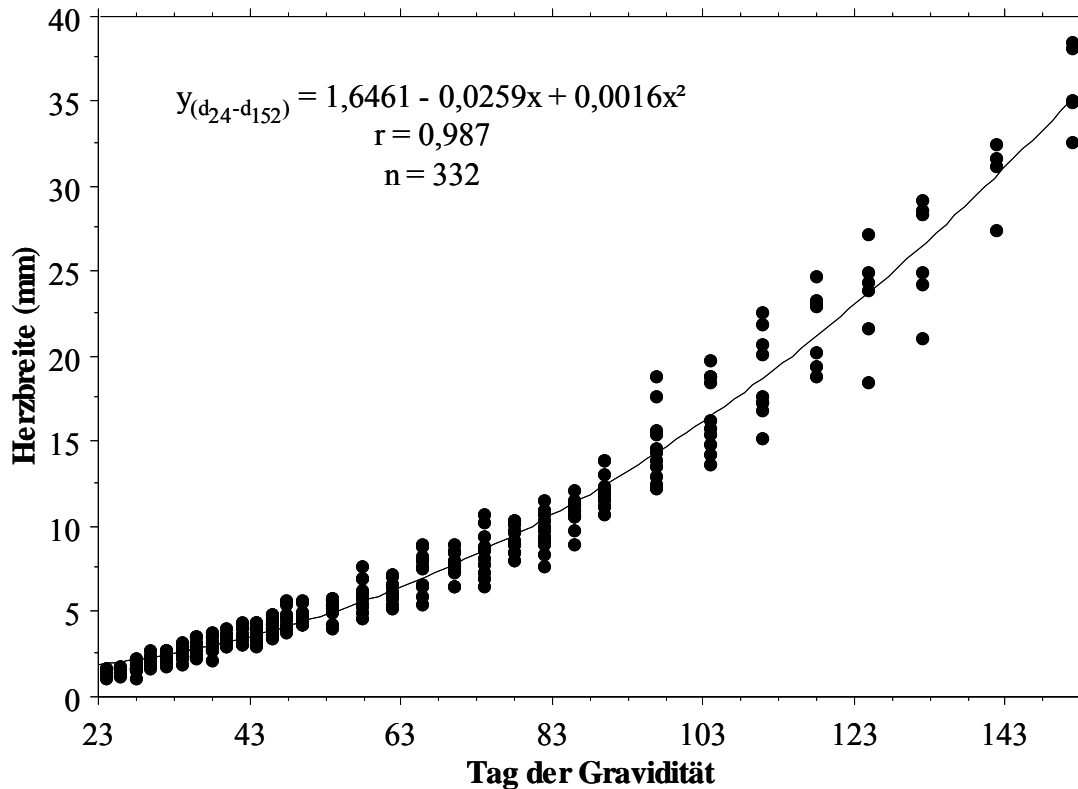


Abb. 31: Die Zunahme der Herzbreite bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 24. und 152. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung der Herzbreite siehe Seite 59, Abb. 11, Kapitel 5.2.5.9)

Am 26. Tag p. ov. lag die minimale Herzbreite bei 1,2 mm (Abb. 31), die maximale bei 1,8 mm und der Mittelwert aller Messungen der Herzbreite des 26. Trächtigkeitstages bei $1,6 \pm 0,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$). Am 132. Tag p. ov. erreichte die minimale gemessene Herzbreite 21,1 mm und die maximale 29,2 mm. Der Mittelwert aller gemessenen Herzbreiten am 132. Tag p. ov. betrug $26,1 \pm 3,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$).

Die Wachstumskurve verhielt sich in dem untersuchten Zeitraum in gleicher Weise wie die der Herzlänge (Abb. 31), die Korrelation zum Trächtigkeitsalter war ebenfalls sehr eng ($r_{(d_{24}-d_{152})} = 0,987$; $P \leq 0,01$). Die Abweichungen der Einzelwerte untereinander waren zunächst sehr klein, jedoch nahm die Streuung der Ergebnisse ab dem 100. Tag p. ov. zu.

6.6.8.3 Der mittlere Herzdurchmesser

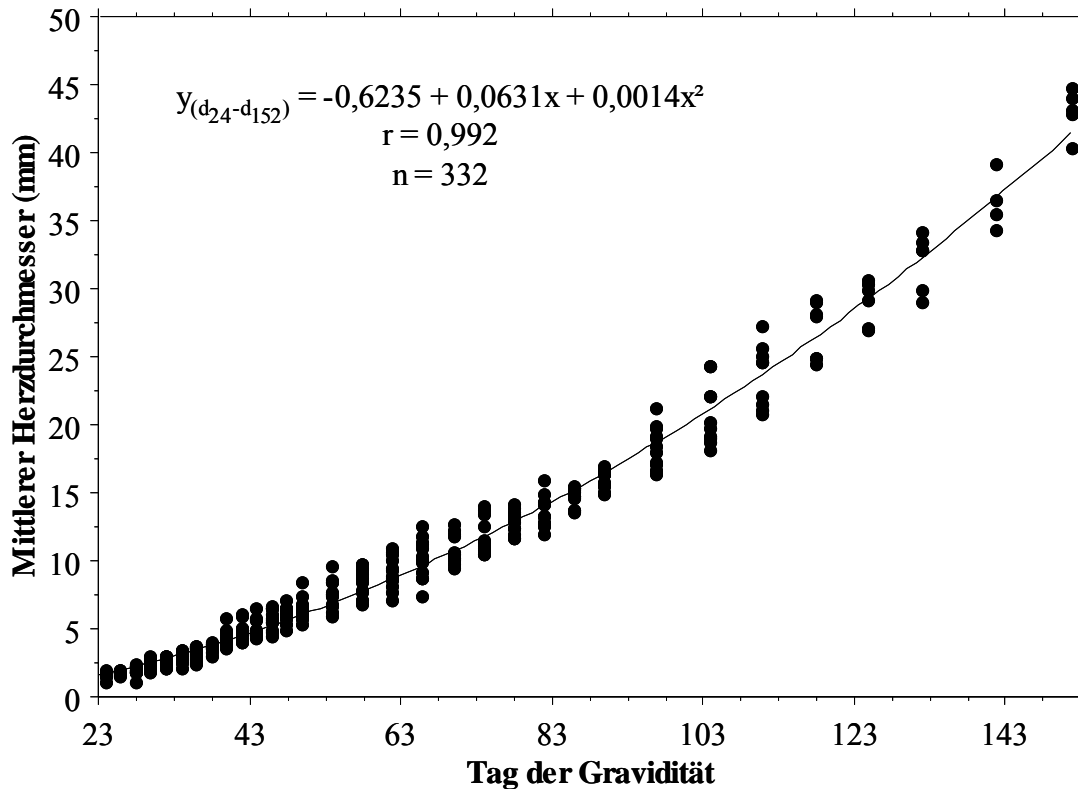


Abb. 32: Die Zunahme des mittleren Herzdurchmessers bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 24. und 152. Tag der Trächtigkeit.
 (mittlerer Herzdurchmesser: $(a+b)/2$; a = größter \emptyset , b = darauf senkrecht stehender \emptyset , siehe Seite 59, Abb. 11, Kapitel 5.2.5.9)

Der mittlere Herzdurchmesser wurde errechnet als arithmetischer Mittelwert der Herzlänge und der Herzbreite.

Seine Korrelation zum Trächtigkeitstag war während des untersuchten Zeitraumes ebenso wie die der Herzlänge und der Herzbreite sehr eng ($r_{(d_{24}-d_{152})} = 0,992$; $P \leq 0,01$; Abb. 32). Die Streuung der Einzelwerte war gering.

6.6.9 Die Messung der Herzfrequenz

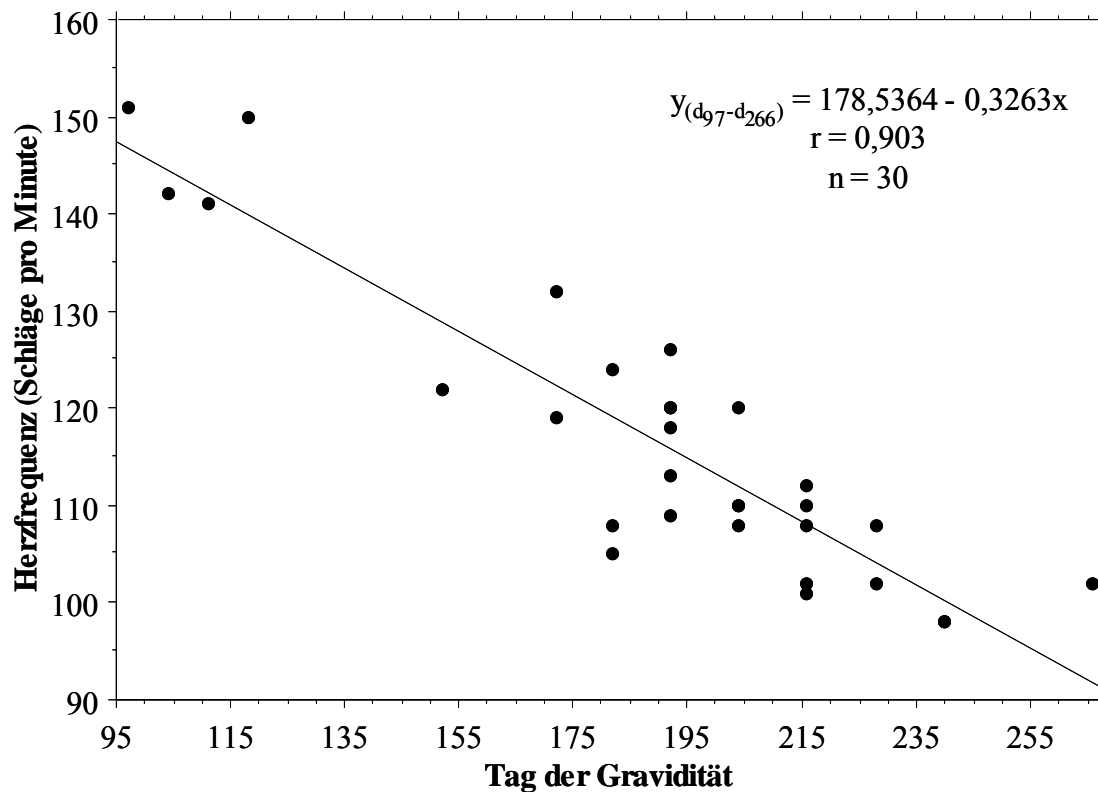


Abb. 33: Die Abnahme der Herzfrequenz bei Feten von Islandpferden zwischen dem 97. und 266. Tag der Trächtigkeit.

Die Herzfrequenz konnte zwischen dem 97. und dem 266. Tag der Trächtigkeit entweder mithilfe des M-Mode-Verfahrens des Ultraschallgerätes oder über die Auszählmethode erfasst werden, wobei aus mehreren Messungen der Mittelwert errechnet wurde (Abb. 33). Im sechsten bis achten Monat waren Messungen am häufigsten erfolgreich, darüber hinaus überwiegend nur in Einzelfällen durchführbar, da plötzliche Fetalbewegungen eine Verfolgung der Herzbewegungen über ein längeres Zeitintervall oftmals nicht ermöglichten. Des Weiteren führten die Fetalbewegungen zu einer Veränderung der Lage des Fetus, so dass in vielen Fällen eine Mehrfachmessung aufgrund von Schallschattenbildungen und durch Erhöhung der Entfernung von der Ultraschallsonde nicht zu verwirklichen war.

Es lagen zwischen einzelnen Messungen sehr große Unterschiede vor, dennoch war eine lineare Abnahme der fetalen Herzfrequenz zwischen dem 97. und 266. Tag p. ov. erkennbar (Abb. 33).

Die Korrelation zum Alter des Fetus war eng ($r_{(d_{97}-d_{266})} = 0,903$; $P \leq 0,01$), jedoch lag eine recht große Streuung der Ergebnisse vor.

6.6.10 Die Messung des Rumpfquerschnittes

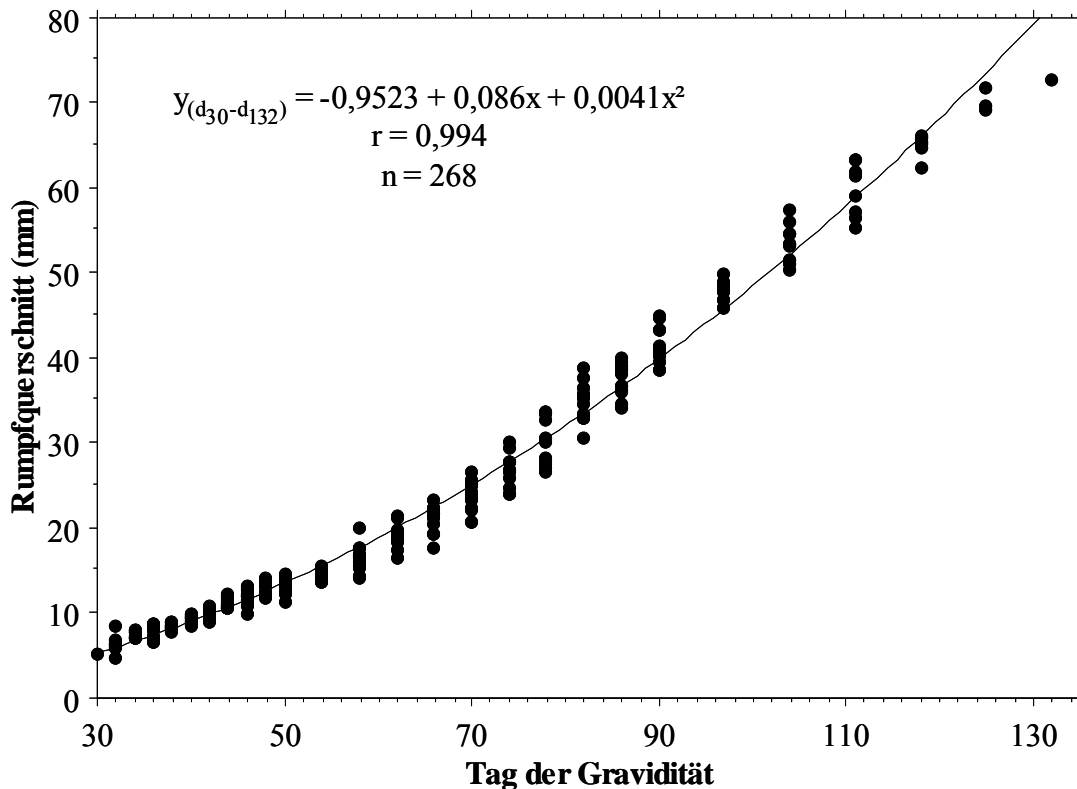


Abb. 34: Die Zunahme des Rumpfquerschnittes bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 132. Tag der Trächtigkeit. (Vermessung des Rumpfquerschnittes siehe Seite 58, Abb. 10 und Seite 59, Kapitel 5.2.5.11)

Der Querschnitt des Rumpfes auf Höhe des Magens konnte ab dem Beginn des zweiten Trächtigkeitsmonats vermessen werden (Abb. 34). Erstmals war die Messung am 32. Tag p. ov. möglich, sie erfolgte zu diesem Zeitpunkt bei 58% der Embryonen (7/12). Am 38. Tag p. ov. gelang die Messung bereits bei 100% der Embryonen (12/12). Bedingt durch eine rasche Größenzunahme und eine Annäherung an die Ultraschallsonde war in den meisten Fällen eine Messung nur bis zum Ende des vierten Monats möglich, bei einzelnen Feten bis zum Beginn des fünften Monats. So konnte am 97. Tag p. ov. der Rumpfquerschnitt noch bei 83% der Feten

(10/12) bestimmt werden, am 118. Tag p. ov. bei 50% (6/12) und um den 132. Tag p. ov. nur noch vereinzelt bei 9% der Feten (1/11).

Am 32. Tag p. ov. betrug der minimale Rumpfquerschnitt 4,7 mm und der maximale 8,4 mm (Abb. 34). Der Mittelwert aller Messungen des Rumpfquerschnittes am 32. Tag p. ov. belief sich auf $6,4 \pm 1,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$). Am 118. Tag p. ov. erreichte der Rumpfquerschnitt einen minimalen Wert von 62,3 mm und einen maximalen Wert von 66,1 mm. Der Mittelwert aller an diesem Tag gemessenen Rumpfquerschnitte lag bei $64,9 \pm 1,4$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$).

Die Zunahme des Rumpfquerschnittes erfolgte zu Beginn der Trächtigkeit langsamer als im dritten und vierten Monat (Abb. 34). Seine Korrelation zum fetalen Alter war zwischen dem 30. und 132. Tag der Gravidität sehr eng ($r_{(d30-d132)} = 0,994$; $P \leq 0,01$) und die Streuung der Einzelwerte nur sehr gering.

6.6.11 Die Vermessung des Magens

Der Magen konnte erstmals im Einzelfall (8%; 1/12) bereits am 44. und 46. Trächtigkeitstag dargestellt werden (Abb. 35, Abb. 36). Bei 25% der Feten (3/12) konnte der Magen ab dem 48. Tag p. ov. vermessen werden. Zwischen dem 62. und dem 132. Tag p. ov. ließ sich der Durchmesser des Magens bei 100% der Feten (12/12) bestimmen. Am 142. Tag p. ov. konnte der Magen noch bei 83% der Feten (10/12) vermessen werden, am 172. Tag p. ov. bei 50% (6/12), ab dem siebten Monat überschritt jedoch seine Größe meist die Bildbreite des Ultraschallgerätes. In einzelnen Fällen konnte er bei günstiger Lage des Fetus noch bis zum 204. Tag p. ov. dargestellt werden (33%; 2/6).

6.6.11.1 Der Längsdurchmesser des Magens

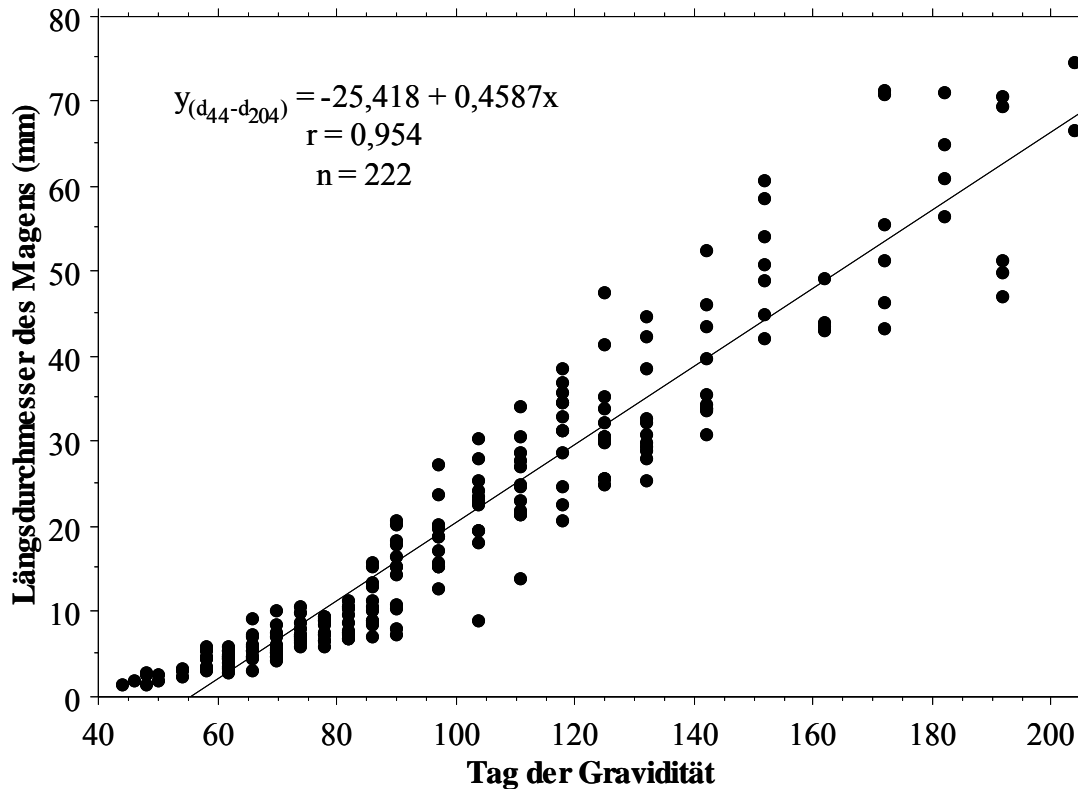


Abb. 35: Die Zunahme des Längsdurchmessers des Magens bei Feten von Islandpferden zwischen dem 44. und 204. Tag der Trächtigkeit.
 (Vermessung des Längsdurchmessers des Magens siehe Seite 60, Abb. 12, Kapitel 5.2.5.12)

Der minimale Längsdurchmesser des Magens betrug am 58. Tag p. ov. 3,1 mm, sein maximaler Längsdurchmesser 5,8 mm (Abb. 35). Als Mittelwert aller am 58. Tag p. ov. durchgeführten Messungen wurden $4,3 \pm 1,0$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 8$) errechnet. Am 172. Tag p. ov. lag der minimale gemessene Längsdurchmesser bei 43,3 mm, der maximale bei 71,4 mm und der Mittelwert von allen Messungen des Längsdurchmessers des Magens bei $56,5 \pm 12,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$).

Der Längsdurchmesser zeigte während des Zeitraumes der Messungen eine lineare Zunahme (Abb. 35). Die Korrelation zum Trächtigkeitstag war zwischen dem 44. und 204. Tag p. ov. eng ($r_{(d_{44}-d_{204})} = 0,954$; $P \leq 0,01$), wobei die Abweichungen der Einzelwerte an den einzelnen Tagen sehr groß waren.

6.6.11.2 Der mittlere Magendurchmesser

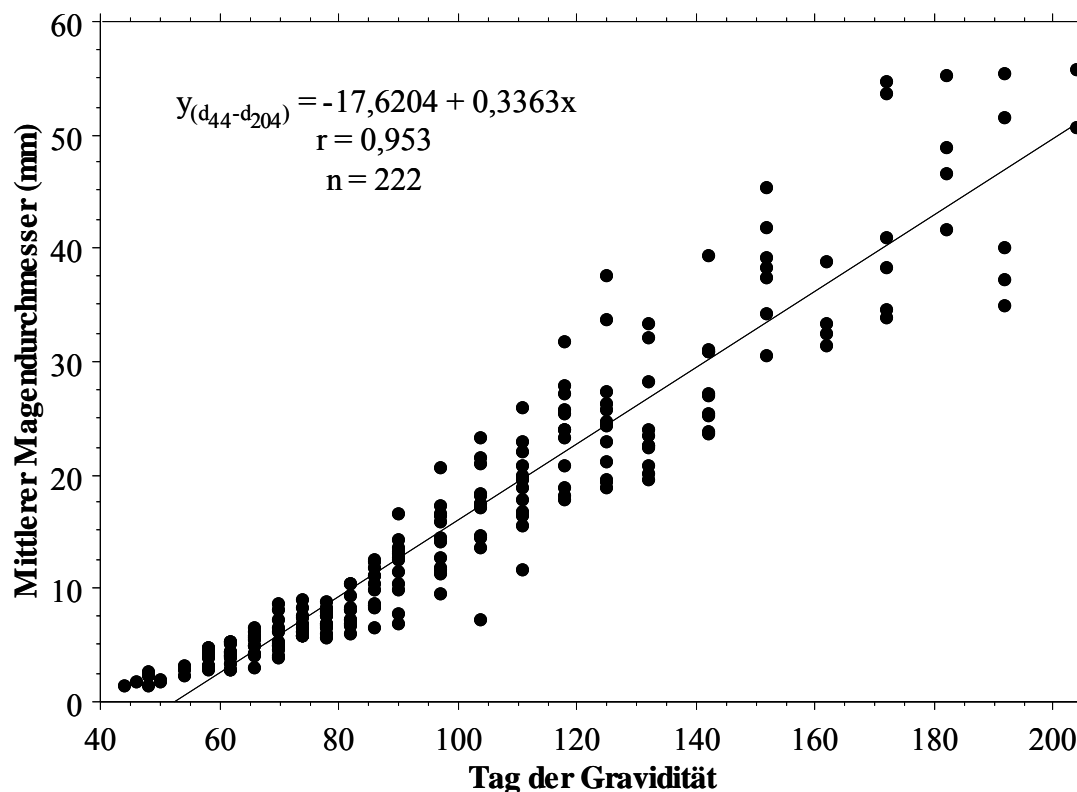


Abb. 36: Die Zunahme des mittleren Magendurchmessers bei Feten von Islandpferden zwischen dem 44. und 204. Tag der Trächtigkeit.
 (mittlerer Magendurchmesser: $(a+b)/2$; a = größter Ø, b = darauf senkrecht stehender Ø, siehe Seite 60, Abb. 12, Kapitel 5.2.5.12)

Der mittlere Magendurchmesser wurde errechnet als arithmetischer Mittelwert aus dem Längsdurchmesser und dem Querdurchmesser.

Am 58. Tag p. ov. betrug der kleinste Wert 2,8 mm und der maximale Wert 4,9 mm (Abb. 36). Der Mittelwert aller mittleren Magendurchmesser am 58. Tag p. ov. lag bei $3,9 \pm 0,8$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 8$). Am 172. Tag p. ov. erreichte der Mittelwert aller Messungen des mittleren Magendurchmessers $42,7 \pm 9,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$), der Maximalwert betrug 54,7 mm, der Minimalwert 33,8 mm.

Das Wachstum des mittleren Magendurchmessers verhielt sich in dem untersuchten Zeitraum in gleicher Weise wie das des Längsdurchmessers (Abb. 36), ebenso die Korrelation zum Tag der

Gravidität ($r_{(d_{44}-d_{204})} = 0,953$; $P \leq 0,01$). Die sehr weite Streuung der gemessenen Ergebnisse um die Regressionsgerade konnte genauso beobachtet werden wie im Fall des Längsdurchmessers.

6.6.12 Die Vermessung der Vena cava caudalis

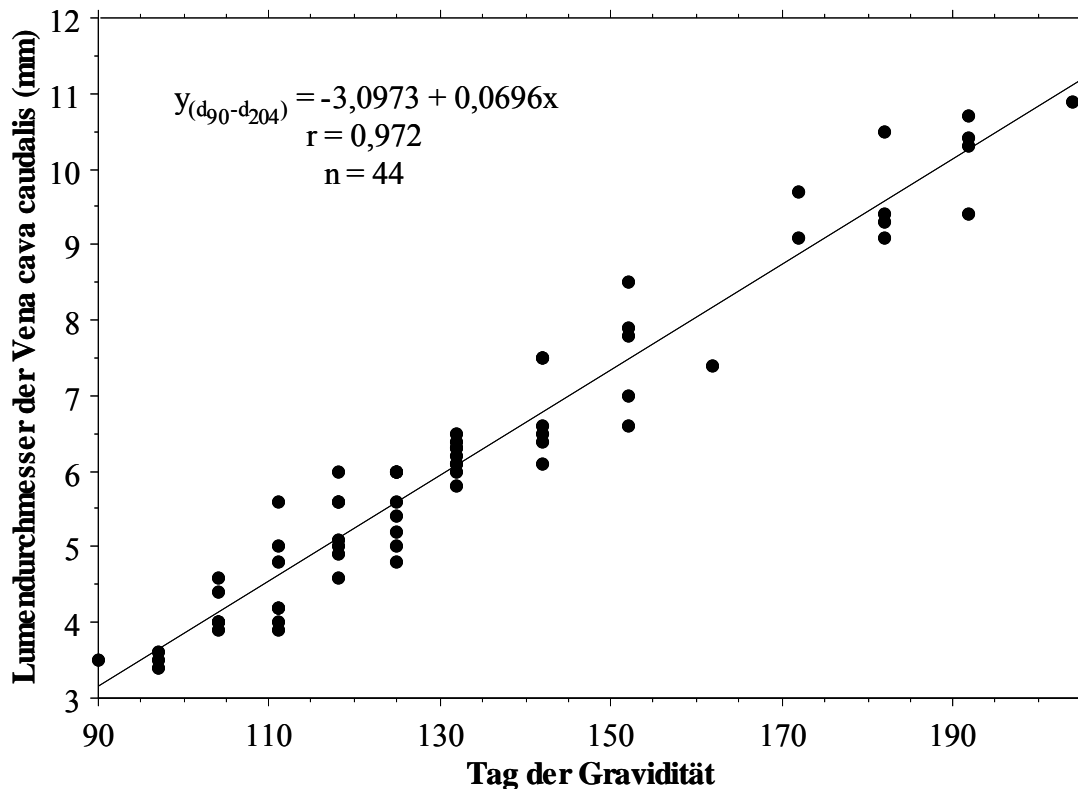


Abb. 37: Die Zunahme des Lumendurchmessers der Vena cava caudalis bei Feten von Islandpferden zwischen dem 90. und 204. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung der Vena cava caudalis siehe Seite 61, Abb. 13, Kapitel 5.2.5.13)

Die Vermessung des Lumendurchmessers der Vena cava caudalis erfolgte zwischen dem Beginn des vierten Monats und dem siebten Monat (Abb. 37). Erstmals war die Messung am 90. Tag p. ov. möglich, und zwar bei 8% der Feten (1/12). Am 104. Tag p. ov. gelang die Messung bereits bei 50% (6/12) und am 132. Tag p. ov. bei 82% der Feten (9/11). Die Messung der Vena cava caudalis aller Feten konnte an keinem Tag erreicht werden. Bereits am 152. Tag p. ov. war eine Vermessung der Vena cava caudalis wiederum nur noch bei 50% der Feten (5/10) durchführbar. Der Lumendurchmesser der Vena cava caudalis konnte letztmalig am 204. Tag p. ov. bestimmt werden, und zwar bei 17% der Feten (1/6). Später war der Fetus sowohl aufgrund sei-

ner Größe und Lage als auch aufgrund der begrenzten Eindringtiefe des Ultraschallgerätes für eine Messung nicht mehr erreichbar.

Der Mittelwert aller Lumendurchmesser der Venae cavae caudales am 97. Tag p. ov. betrug $3,5 \pm 0,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 3$) bei einer minimalen Länge von 3,4 mm und einer maximalen Länge von 3,6 mm (Abb. 37). Am 192. Tag p. ov. lag der Mittelwert aus vier Untersuchungen bei $10,2 \pm 0,6$ mm ($\bar{x} \pm s$), der Minimaldurchmesser bei 9,4 mm und der Maximaldurchmesser bei 10,7 mm.

Das Wachstum des Lumendurchmessers der Vena cava caudalis zeigte zwischen dem 90. und 204. Tag der Trächtigkeit einen linearen Verlauf (Abb. 37). Es bestand eine sehr enge Korrelation zwischen dem Lumendurchmesser der Vena cava caudalis und dem Trächtigkeitstag ($r_{(d90-d204)} = 0,972$; $P \leq 0,01$) wobei geringe Abweichungen der Einzelwerte untereinander bestanden.

6.6.13 Die Vermessung der Aorta

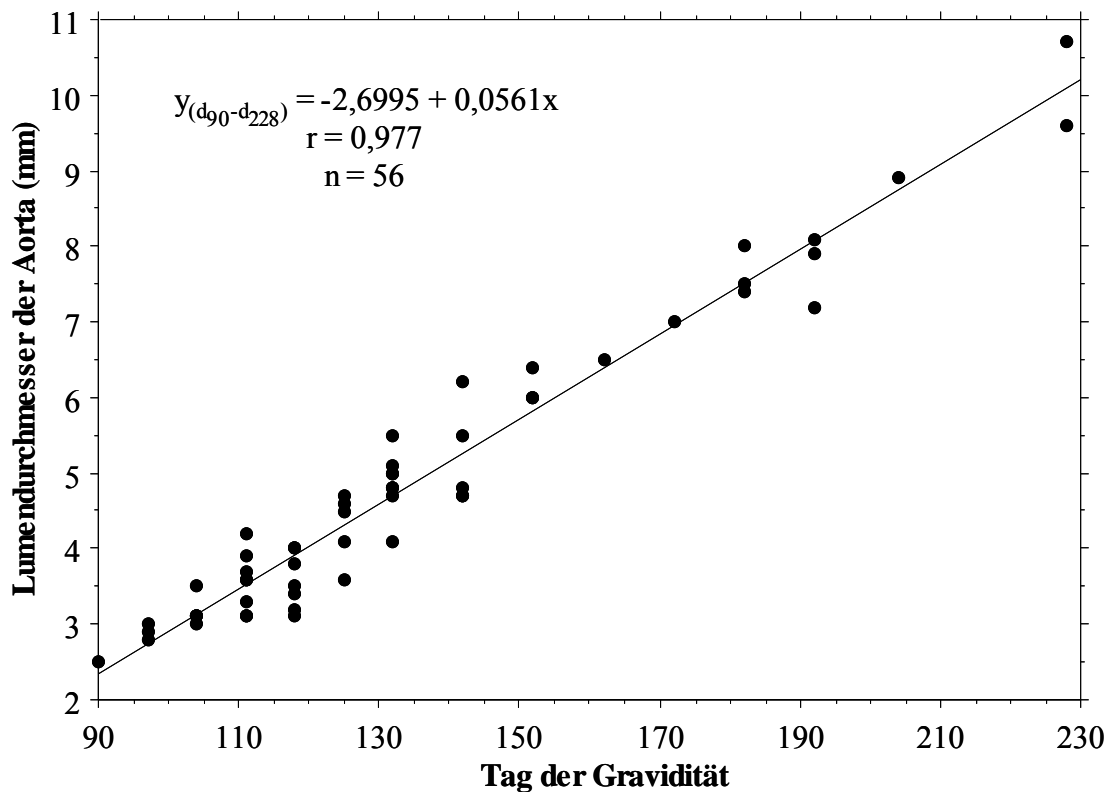


Abb. 38: Die Zunahme des Lumendurchmessers der Aorta bei Feten von Islandpferden zwischen dem 90. und 228. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung der Aorta siehe Seite 61, Abb. 13, Kapitel 5.2.5.14)

Die Messung des Aorta-Lumendurchmessers war überwiegend während des vierten und fünften Monats möglich (Abb. 38). Am 90. Tag der Gravidität konnte zum ersten Mal der Lumen-durchmesser der Aorta, und zwar bei 8% der Feten (1/12), bestimmt werden. Bereits am 104. Tag p. ov. war die Messung bei 42% (5/12) der Feten möglich. Am 111. und 132. Tag p. ov. konnte bei 67% (8/12) bzw. 73% (8/11) der Feten die Aorta vermessen werden. Die Mes-sung der Aorta aller Feten wurde ebenso wie bei der Vena cava caudalis nicht erreicht. Am 142. Tag p. ov. nahm die Anzahl der Feten, deren Aorta vermessen werden konnte, bereits wie-der ab (5/12; 42%). Später war eine Vermessung sehr von der jeweiligen Lage und Stellung des Fetus abhängig und konnte nur noch sporadisch erfolgen. Am 228. Tag p. ov. war die Vermes-sung der Aorta letztmalig möglich, und zwar bei 25% der Feten (2/8).

Am 104. Tag der Trächtigkeit lag der minimale gemessene Lumendurchmesser der Aorta bei 3,0 mm (Abb. 38), der maximale bei 3,5 mm und der Mittelwert aller Messungen dieses Tages bei $3,2 \pm 0,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 5$). Am 142. Tag p. ov. erreichte der Mittelwert aller Lumendurchmesser der Aorta eine Größe von $5,2 \pm 0,7$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 5$), wobei der minimale Wert 4,7 mm und der maximale 6,2 mm betrug.

Bei der Zunahme des Aorten-Lumendurchmessers war zwischen dem 90. und 228. Trächtigkeitstag ein lineares Wachstum erkennbar (Abb. 38), ihre Korrelation zum Gestationsalter war sehr eng ($r_{(d90-d228)} = 0,977$; $P \leq 0,01$), die Streuung der Ergebnisse war gering.

6.6.14 Die Vermessung des Urachus

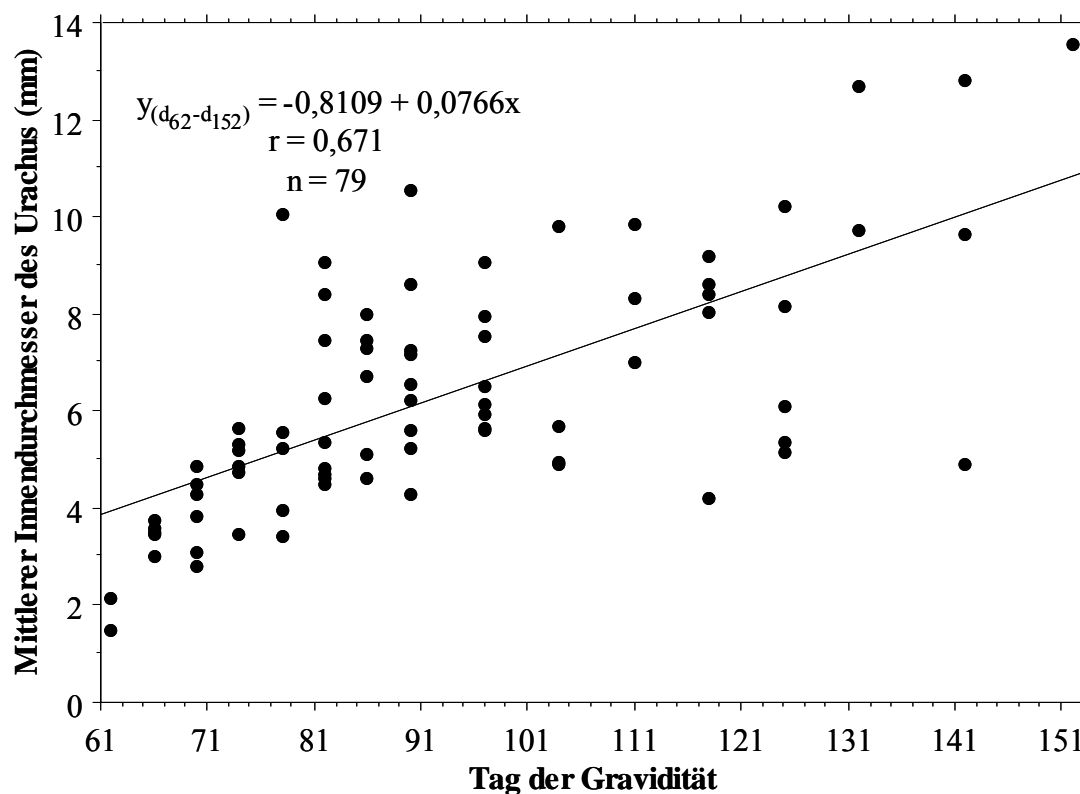


Abb. 39: Die Zunahme des mittleren Innendurchmessers des Urachus bei Feten von Islandpferden zwischen dem 62. und 152. Tag der Trächtigkeit.
(mittlerer Innendurchmesser des Urachus: $(a+b)/2$; a = größter \emptyset , b = darauf senkrecht stehender \emptyset , siehe Seite 62, Abb. 14, Kapitel 5.2.5.15)

Die Messung des Längs- und Querdurchmessers des Urachus erfolgte ab dem 62. Tag der Trächtigkeit (Abb. 39). Zu diesem Zeitpunkt war sie bei 17% der Feten (2/12) möglich. Am 70. Tag p. ov. konnte der Urachus bei 50% der Feten (6/12) vermessen werden, am 82. und 90. Tag p. ov. bei 75% (9/12). Am 104. Tag p. ov. nahm die Anzahl der Feten, deren Urachus vermessen werden konnte, bereits wieder ab (33%; 4/12). Eine Messung aller Feten war zu keinem Zeitpunkt möglich. Bei günstiger Lage des Fetus war die Beckenregion im Einzelfall auch im fünften Monat noch sonographisch erreichbar, so dass am 152. Tag p. ov. letztmalig der Durchmesser des Urachus gemessen werden konnte, und zwar bei 10% der Feten (1/10).

Der als arithmetischer Mittelwert aus Längs- und Querdurchmesser errechnete mittlere Innendurchmesser des Urachus betrug am 70. Trächtigkeitstag minimal 2,8 mm, maximal 4,9 mm und im Mittelwert aller durchgeführten Messungen des 70. Trächtigkeitstages $3,9 \pm 0,8$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$; Abb. 39). Am 125. Tag p. ov. lag der Mittelwert aller Messungen des Urachus bei $7,0 \pm 2,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 5$), der minimale Wert betrug 5,2 mm und der maximale Wert 10,2 mm.

Das Wachstum verlief zwischen dem 62. und 152. Tag der Gravidität linear (Abb. 39). Zwischen dem mittleren Innendurchmesser des Urachus und dem Alter des Fetus bestand eine weniger enge Korrelation ($r_{(d62-d152)} = 0,671$; $P \leq 0,01$). Die Streuung der Ergebnisse war sehr groß.

6.6.15 Die Vermessung der Wirbelkörper

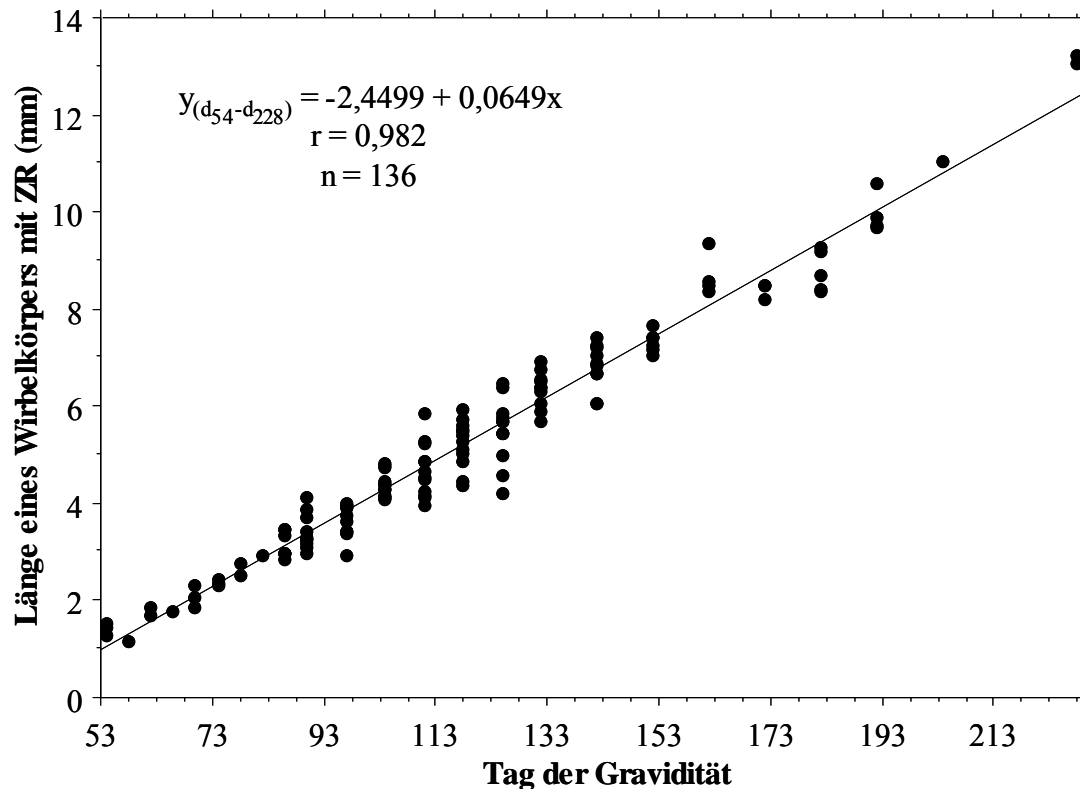


Abb. 40: Die Zunahme der durchschnittlichen Länge eines Wirbelkörpers einschließlich eines Zwischenraumes (ZR) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 54. und 228. Tag der Trächtigkeit.

(durchschnittliche Länge eines Wirbelkörpers einschließlich eines ZR: $(x_1 + x_2 + x_3)/3$; x = Länge eines Wirbelkörpers und des daran angrenzenden ZR, siehe Seite 63, Abb. 15, Kapitel 5.2.5.16)

Für die Vermessung der Wirbelkörper im Thorakal- und Lumbalbereich wurde in der vorliegenden Studie ebenso vorgegangen wie für die Messung der Halswirbel im Abschnitt 6.6.6 bereits erläutert. Es wurde, um die Genauigkeit der Messungen zu erhöhen, die Länge von drei hintereinanderliegenden Wirbelkörpern vornehmlich im Lendenwirbelbereich einschließlich ihrer Zwischenräume erfasst und das Messergebnis durch drei dividiert.

Die Darstellung der Wirbelkörper war zwischen dem Ende des dritten Monats und dem Ende des fünften Monats regelmäßig möglich (Abb. 40). Vor diesem Zeitraum gelangen auch einzelne Messungen, jedoch wurden sie durch die weite Entfernung zwischen Fetus und Ultraschallsonde erheblich erschwert. So war die Messung erstmals am 54. Tag p. ov. möglich, und zwar

bei 25% der Feten (3/12). Am 86. Tag p. ov. konnte bei 58% der Feten (7/12) die Länge von drei Wirbelkörpern einschließlich der Zwischenräume bestimmt werden, am 90. Tag p. ov. bei 83% (10/12) und am 104. Tag p. ov. erstmalig bei 100% (12/12). Ab dem 125. Tag p. ov. nahm die Anzahl der Messungen wieder ab. Am 142. Tag p. ov. war die Vermessung noch bei 83% der Feten (10/12) möglich, am 152. Tag p. ov. bei 60% (6/10). Zu späteren Zeitpunkten reichte teilweise die Eindringtiefe nicht mehr aus bzw. ermöglichte die Lage des Fetus eine Messung nicht. Am 228. Tag p. ov. konnte letztmalig die Länge der Wirbelkörper und ihrer Zwischenräume bestimmt werden, dies war zu diesem Zeitpunkt bei 25% der Feten (2/8) möglich.

Am 86. Tag der Gravidität betrug die minimale durchschnittliche Länge eines Wirbelkörpers und seines Zwischenraumes 2,8 mm (Abb. 40). Die maximale durchschnittliche Länge betrug 3,5 mm und der Mittelwert aller Messungen der durchschnittlichen Länge eines Wirbelkörpers einschließlich eines Zwischenraumes am 86. Tag p. ov. betrug $3,1 \pm 0,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$). Am 152. Tag p. ov. lag die minimale durchschnittliche Länge bei 7,0 mm und die maximale durchschnittliche Länge bei 7,4 mm. Der Mittelwert aller Messungen der durchschnittlichen Länge eines Wirbelkörpers einschließlich eines Zwischenraumes erreichte $7,3 \pm 0,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$).

Das Wachstum der Wirbelkörperlänge einschließlich eines Zwischenraumes verlief zwischen dem 54. und dem 228. Tag der Trächtigkeit linear (Abb. 40). Die Korrelation zum Gestationsalter war sehr eng ($r_{(d54-d228)} = 0,982$; $P \leq 0,01$) und die Streuung der Ergebnisse nur sehr gering.

6.6.16 Die Vermessung der langen Röhrenknochen

6.6.16.1 Der Metakarpus

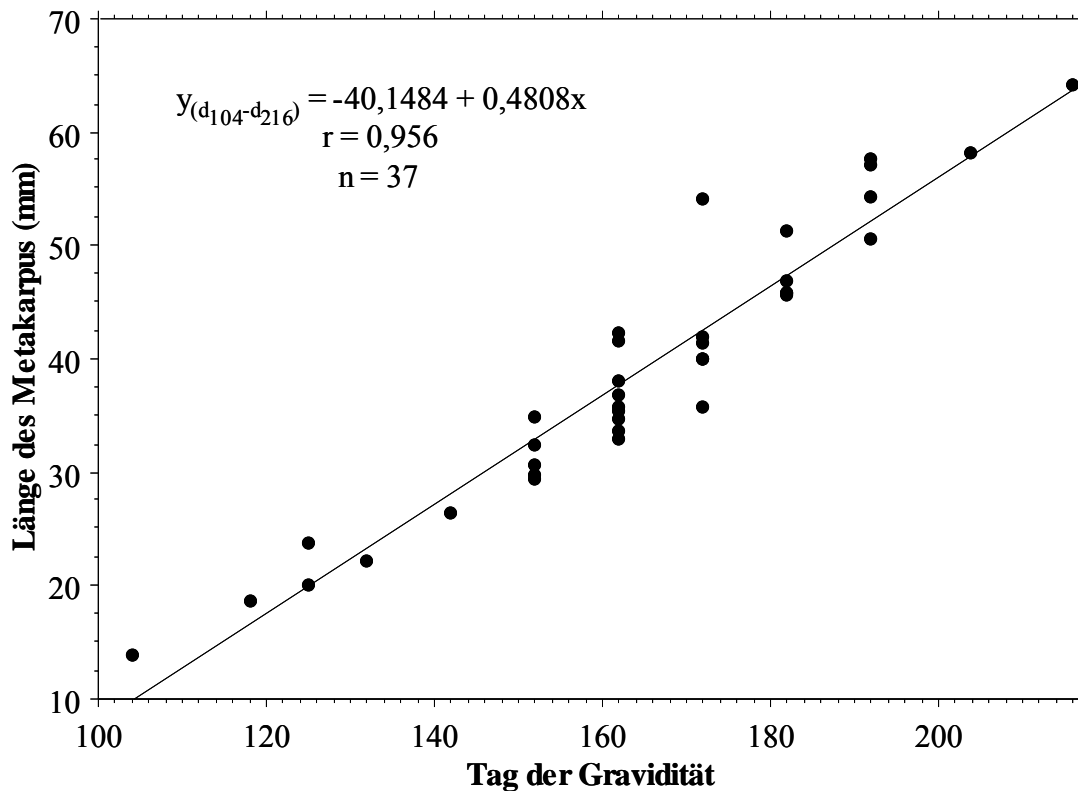


Abb. 41: Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Metakarpus bei Feten von Islandpferden zwischen dem 104. und 216. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung des Metakarpus siehe Seite 64, Kapitel 5.2.5.17)

Für die Vermessung des Metakarpus musste der ossifizierte Teil der Diaphyse in ihrer längsten Ausdehnung auf dem Bildschirm dargestellt werden, was zunächst durch die starken Fetalbewegungen erschwert und später durch die begrenzte Breite des Bildschirmes eingeschränkt wurde.

Daher fanden die Messungen der eigenen Studie vorwiegend während des sechsten und siebten Monats statt (Abb. 41). Erstmals konnte am 104. Tag der Gravidität, und zwar bei 8% der Feten (1/12) die Länge des Metakarpus erfasst werden, am 152. Tag p. ov. war die Messung bei 50% der Feten (5/10) möglich und am 162. Tag p. ov. bei 82% (9/11). Die Vermessung des Metakarpus aller Feten konnte an keinem Tag der Trächtigkeit durchgeführt werden. Ab dem 172. Tag p. ov. nahm die Anzahl der erfolgreichen Messungen wieder ab. Zu diesem Zeitpunkt

konnte der Metakarpus noch bei 50% der Feten (6/12) vermessen werden, am 192. Tag p. ov. bei 33% (4/12) und um den 216. Tag p. ov. nur noch in Einzelfällen (11%; 1/9).

Am 152. Tag p. ov. hatte der kleinste gemessene Metakarpus eine Länge von 29,4 mm und der größte eine Länge von 34,8 mm (Abb. 41). Der Mittelwert aller durchgeführten Messungen an diesem Tag lag bei $31,4 \pm 2,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 5$). Am 192. Tag p. ov. betrug die minimale Länge 50,6 mm, die maximale 57,7 mm und der Mittelwert aller Messungen $55,0 \pm 3,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 4$).

Die Länge des Metakarpus zeigte zwischen dem 104. und dem 216. Tag der Gravidität ein lineares Wachstum (Abb. 41). Sie besaß eine enge Beziehung zum Tag der Trächtigkeit ($r_{(d104-d216)} = 0,956$; $P \leq 0,01$) und die Einzelwerte waren gering gestreut.

6.6.16.2 Der Metatarsus

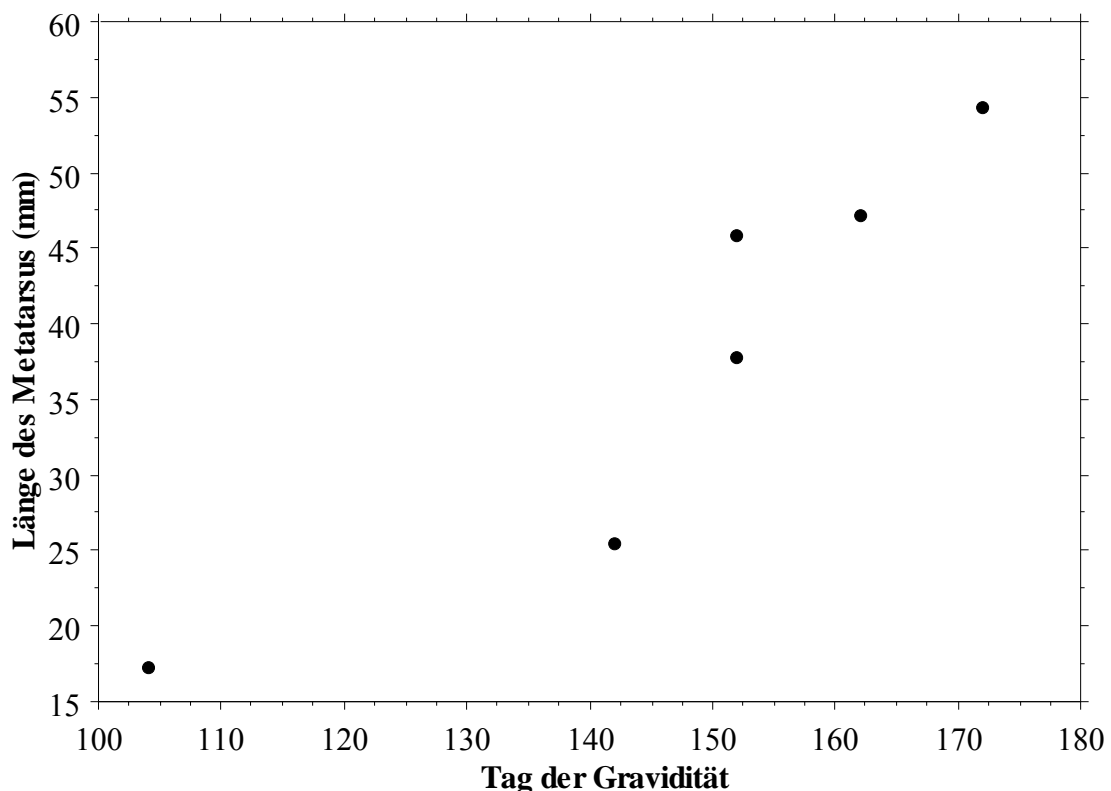


Abb. 42: Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Metatarsus bei Feten von Islandpferden zwischen dem 104. und 172. Tag der Trächtigkeit.

Die Länge des Metatarsus wurde ebenso gemessen wie die des Metakarpus. Dadurch, dass die Feten vorwiegend in Vorderendlage im Uterus positioniert waren, ergab sich eine noch größere Entfernung zur Ultraschallsonde, wodurch eine Messungen zusätzlich erschwert wurden.

So fanden die dokumentierten Messungen eher zufällig dann statt, wenn sich der Fetus in Hinterendlage bzw. in Bauchquerlage befand. Am 104., 142. und 172. Tag p. ov. konnte die Länge des Metatarsus bei je 8% der Feten (1/12) erfasst werden (Abb. 42), am 162. Tag p. ov. bei 9% der Feten (1/11) und am 152. Tag p. ov. bei 20% der Feten (2/10).

Am 104. Tag betrug die gemessene Länge 17,2 mm und am 172. Tag 54,3 mm (Abb. 42).

Auf eine Berechnung der Korrelation bzw. eine Aussage hierüber wurde aufgrund der geringen Anzahl verwertbarer Messergebnisse verzichtet.

6.6.16.3 Radius und Ulna

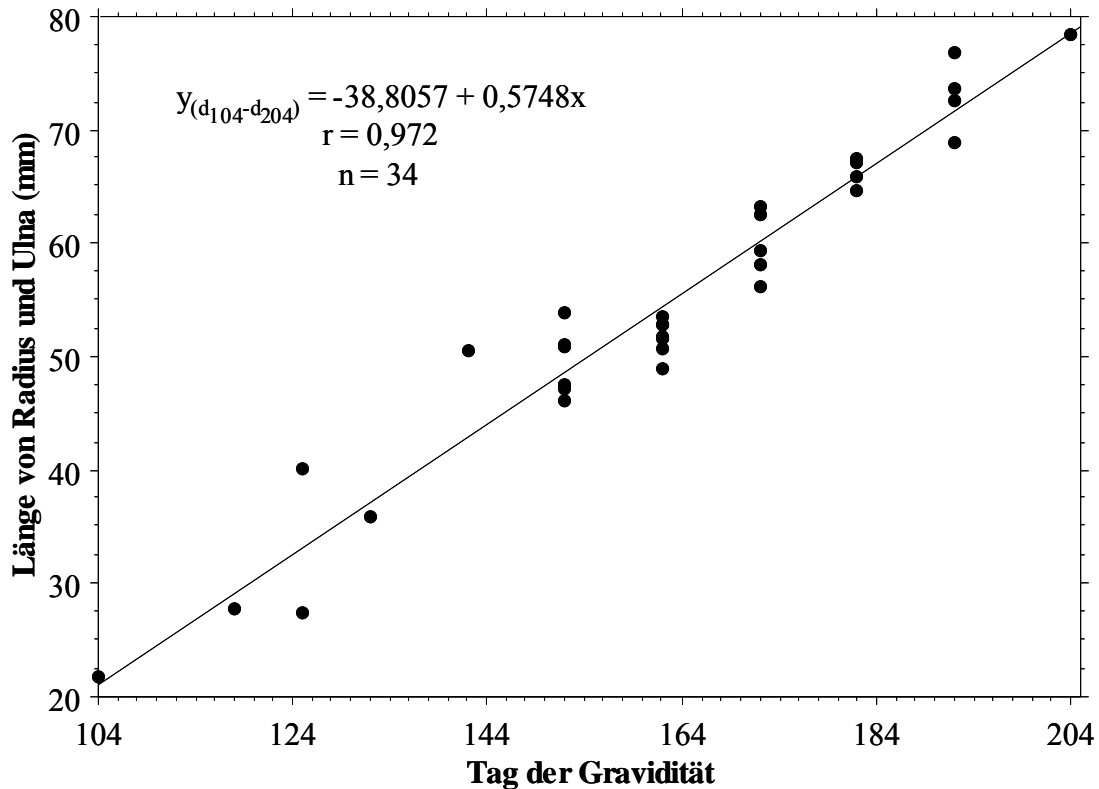


Abb. 43: Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphysen von Radius und Ulna bei Feten von Islandpferden zwischen dem 104. und 204. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung von Radius und Ulna siehe Seite 64, Abb. 16, Kapitel 5.2.5.17)

Die Messungen von Radius und Ulna erfolgten ebenfalls wie die des Metakarpus und waren gleichfalls im Wesentlichen während des sechsten und siebten Monats möglich (Abb. 43). In einzelnen Fällen konnten bereits ab dem vierten Monat Radius und Ulna dargestellt und vermessen werden, jedoch erschwert durch die starken Fetalbewegungen. So konnte am 104. Tag p. ov. erstmals die Länge von Radius und Ulna, und zwar bei 8% der Feten (1/12), erfasst werden. Am 152. und 162. Tag p. ov. war die Messung bei 70% bzw. 64% der Feten (7/10; 7/11) möglich. Ab dem 172. Tag p. ov. nahm die Anzahl der vermessenen Feten ab. Am 192. Tag p. ov. konnten Radius und Ulna noch bei 33% der Feten (4/12) und am 204. Tag p. ov. letztmalig, und zwar bei 17% der Feten (1/6), vermessen werden.

Am 152. Tag p. ov. lag die minimale Länge von Radius und Ulna bei 46,1 mm (Abb. 43), die maximale bei 53,8 mm und der Mittelwert aller Messungen von Radius und Ulna lag bei $49,1 \pm 2,8$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$). Am 192. Tag p. ov. betrug der Mittelwert aller durchgeführten Messungen $73,0 \pm 3,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 4$), der Minimalwert 68,8 mm und der Maximalwert 76,9 mm.

Das Wachstum verlief zwischen dem 104. und 204. Trächtigkeitstag linear und die Korrelation zum Tag der Gravidität war sehr eng ($r_{(d104-d204)} = 0,972$; $P \leq 0,01$; Abb. 43). Die Einzelwerte zeigten untereinander geringe Abweichungen.

6.6.16.4 Tibia und Fibula

Die Länge der Tibia und der Fibula konnte nur bei einer Messung am 104. Tag p. ov. bestimmt werden. Sie betrug zu diesem Zeitpunkt und bei diesem Fetus 23 mm.

6.6.16.5 Der Femur

Die Länge des Femurs wurde bei keiner Untersuchung bestimmt. Seine Lage weit entfernt von der Ultraschallsonde ermöglichte keine zuverlässige Vermessung.

6.6.17 Die Vermessung des Darmbeins (Os ilium)

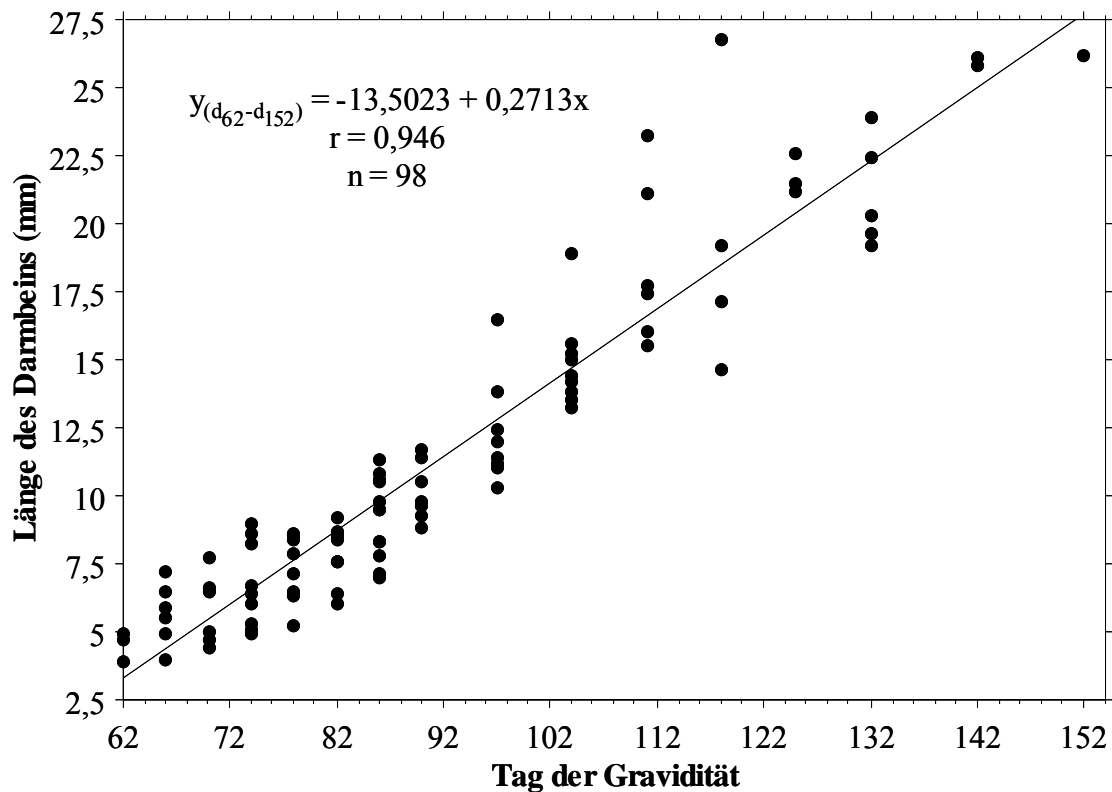


Abb. 44: Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Darmbeins (Os ilium) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 62. und 152. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung des Darmbeins siehe Seite 65, Abb. 17, Kapitel 5.2.5.18)

Die Beckenknochen ließen sich durch die hohe Echogenität ihrer ossifizierten Anteile in der Beckenregion gut darstellen.

Ihre Vermessung war zwischen dem Beginn des dritten und dem Ende des fünften Monats möglich, später war die Beckenregion durch die Vorderendlage des Fetus sowie durch seine Körpergröße zu weit von der Ultraschallsonde entfernt (Abb. 44). Die erste Messung erfolgte am 62. Tag der Gravidität bei 25% der Feten (3/12), am 66. Tag p. ov. war die Vermessung des Darmbeins bei 50% der Feten (6/12) möglich. Am 74. Tag p. ov. konnte bei 75% der Feten (9/12) die Länge des Darmbeins bestimmt werden und am 86. Tag p. ov. schließlich bei allen Feten (100%; 12/12). Bereits ab dem 90. Tag p. ov. nahm die Anzahl der Feten, bei denen eine Messung des Darmbeins möglich war, wieder ab. Am 104. Tag p. ov. war die Messung noch bei

75% der Feten (9/12) durchführbar, am 132. Tag p. ov. bei 45% (5/11) und am 152. Tag p. ov. nur noch im Einzelfall (10%; 1/10).

Am 66. Tag p. ov. lag die minimale Länge des Darmbeins bei 4,0 mm und die maximale Länge bei 7,2 mm (Abb. 44). Der Mittelwert aller durchgeführten Messungen des 66. Trächtigkeitstages betrug $5,7 \pm 1,1$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$). Am 132. Tag p. ov. erreichte der Mittelwert aller Messungen $21,1 \pm 2,0$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 5$). Die minimale Länge betrug 19,2 mm und die maximale Länge 23,9 mm.

Das Wachstum des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Darmbeins verlief zwischen dem 62. und 152. Tag der Trächtigkeit linear (Abb. 44), und die Korrelation zum Trächtigkeitszeitpunkt war eng ($r_{(d62-d152)} = 0,946$; $P \leq 0,01$). Die Abweichungen der Einzelwerte war größtenteils gering.

6.6.18 Die Vermessung des Sitzbeins (Os ischii)

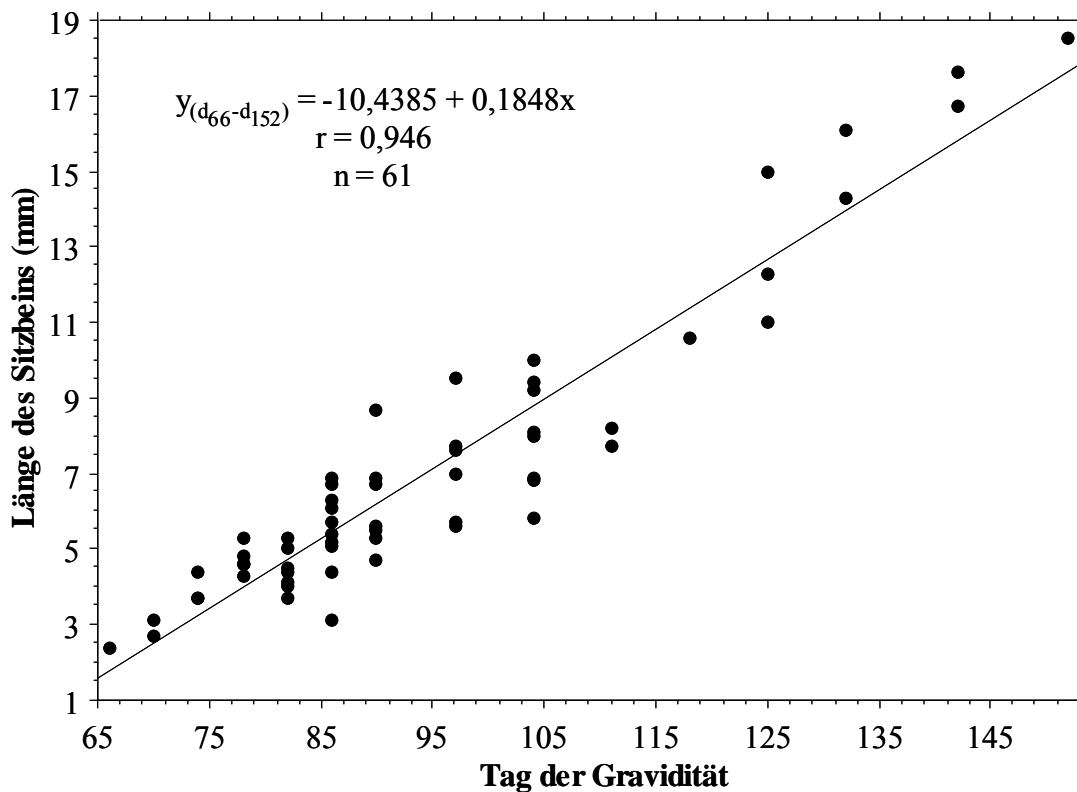


Abb. 45: Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Sitzbeins (Os ischii) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 66. und 152. Tag der Trächtigkeit.
(Vermessung des Sitzbeins siehe Seite 65, Abb. 17, Kapitel 5.2.5.18)

Die Vermessung des Sitzbeins war vornehmlich im dritten und vierten Monat möglich, in einzelnen Fällen auch noch im fünften Monat (Abb. 45). Erstmals konnte die Länge des Sitzbeins am 66. Tag p. ov. gemessen werden, zu diesem Zeitpunkt bei 8% der Feten (1/12). Am 78. Tag p. ov. war das Sitzbein bereits bei 50% der Feten (6/12) messbar und am 86. Tag p. ov. bei 83% (10/12). Die Vermessung aller Feten konnte zu keinem Zeitpunkt erreicht werden, so dass ab dem 90. Tag p. ov. die Anzahl der Feten, deren Sitzbein vermessen wurde, bereits wieder abnahm. Am 104. Tag p. ov. konnte die Länge des Sitzbeins bei 67% der Feten (8/12) bestimmt werden, am 125. Tag p. ov. bei 25% (3/12) und um den 152. Tag p. ov. nur noch vereinzelt (10%; 1/10).

Am 78. Tag p. ov. betrug die minimale Länge des Sitzbeins 4,3 mm (Abb. 45), die maximale Länge 5,3 mm und der Mittelwert aller Messungen des Sitzbeins $4,7 \pm 0,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; n = 6). Am 104. Tag p. ov. erreichte das Sitzbein eine Länge von minimal 5,8 mm und maximal 10,0 mm, wobei der Mittelwert aller durchgeführten Messungen des Sitzbeins bei $8,0 \pm 1,5$ mm lag ($\bar{x} \pm s$; n = 8).

Das Wachstum des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Sitzbeins verlief ebenso wie das des Darmbeins zwischen dem 66. und 152. Tag der Trächtigkeit linear (Abb. 45). Gleichfalls bestand in dem untersuchten Zeitraum eine enge Beziehung zwischen der Länge des Sitzbeins und dem Tag der Gravidität ($r_{(d66-d152)} = 0,946$; $P \leq 0,01$). Es bestanden geringe Abweichungen der Einzelwerte untereinander.

6.6.19 Die Messung der Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)

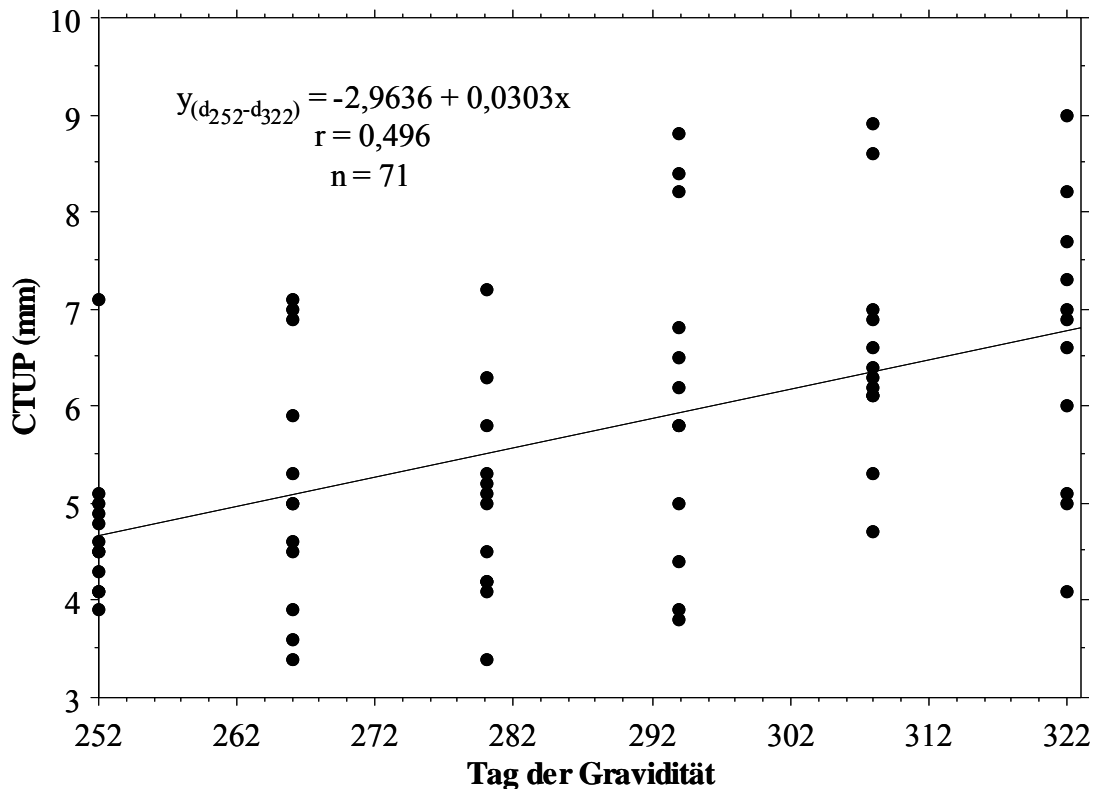


Abb. 46: Die Zunahme der durchschnittlichen Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP = Combined Thickness of Uterus and Placenta) bei Islandpferden zwischen dem 252. und 322. Tag der Trächtigkeit.
(durchschnittliche Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP): $(x_1 + x_2 + \dots + x_n) / n$; x = Dicke der Plazenta, n = Anzahl der Messungen, siehe Seite 66, Abb. 18, Kapitel 5.2.5.19)

Die CTUP (= Combined Thickness of Uterus and Placenta) wurde bei allen Feten (100%; 12/12) erstmals am 252. Tag p. ov. und letztmalig am 322. Tag der Gravidität gemessen (Abb. 46).

Für jede Stute wurde pro Messungstag jeweils der arithmetische Mittelwert aus mehreren Messungen ermittelt. Die minimale durchschnittliche CTUP betrug am 252. Tag p. ov. 3,9 mm und die maximale durchschnittliche CTUP 7,1 mm (Abb. 46). Im Mittelwert betrug die CTUP aller zwölf am 252. Trächtigkeitstag vermessenen Stuten $4,7 \pm 0,8$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 12$). Am 322. Tag p. ov. lag der Mittelwert für die Messungen aller Stuten bei $6,6 \pm 1,5$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 11$), die minimale CTUP bei 4,1 mm und die maximale CTUP bei 9,0 mm.

Zwischen dem 252. und dem 322. Trächtigkeitstag verlief die Zunahme der CTUP linear (Abb. 46). Es konnte in diesem Zeitraum jedoch keine deutliche Korrelation zum Trächtigkeitstag festgestellt werden ($r_{(d252-d322)} = 0,496$; $P \leq 0,01$), da die Streuung der Ergebnisse sehr groß war.

6.7 Übersicht über die Regressionsgleichungen und Korrelationskoeffizienten

Die Ergebnisse der Studie wurden zur besseren Übersicht in einer Tabelle zusammengefasst (Tab. 2).

Tab. 2: Die Regressionsgleichungen und Korrelationen für das Wachstum ausgewählter fetaler Strukturen sowie die Zeitspanne für deren Vermessung.

Gemessene Struktur	Regressionsgleichung	r =	n =	Zeitspanne der Vermessung
Längsdurchm. der Fruchtblasen	$y = -149,4414 + 26,7369x - 1,4716x^2 + 0,0345x^3 - 0,0003x^4$	0,979	244	10.-50. Tag
Mittlerer Durchm. der Fruchtblasen	$y = -127,956 + 22,7864x - 1,2313x^2 + 0,0285x^3 - 0,0002x^4$	0,986	244	10.-50. Tag
Scheitel-Steiß-Länge	$y = 1,7994 - 0,4013x + 0,024x^2$	0,996	282	20.-86. Tag
Querdurchm. der Schädelhöhle	$y = -12,5456 + 0,3688x$	0,984	120	54.-216. Tag
Längsdurchm. des Augapfels	$y = -6,3617 + 0,2001x - 0,0003x^2$	0,997	463	30.-322. Tag
Querdurchm. des Augapfels	$y = -7,4651 + 0,2342x - 0,0003x^2$	0,996	463	30.-322. Tag
Mittlerer Durchm. des Augapfels	$y = -6,9134 + 0,2171x - 0,0003x^2$	0,997	463	30.-322. Tag
Lumendurchm. der Trachea	$y = -6,6908 + 0,0883x$	0,972	91	111.-322. Tag
Länge eines Halswirbels mit ZR	$y = -5,7517 + 0,1326x$	0,994	233	58.-216. Tag
Breite einer Rippe mit IKR	$y = -3,656 + 0,0829x$	0,984	223	54.-240. Tag
Herzlänge	$y = -2,893 + 0,1521x + 0,0012x^2$	0,990	332	24.-152. Tag
Herzbreite	$y = 1,6461 - 0,0259x + 0,0016x^2$	0,987	332	24.-152. Tag
Mittlerer Herzdurchmesser	$y = -0,6235 + 0,0631x + 0,0014x^2$	0,992	332	24.-152. Tag
Rumpfquerschnitt	$y = -0,9523 + 0,086x + 0,0041x^2$	0,994	268	30.-132. Tag
Längsdurchm. des Magens	$y = -25,418 + 0,4587x$	0,954	222	44.-204. Tag
Mittlerer Magendurchmesser	$y = -17,6204 + 0,3363x$	0,953	222	44.-204. Tag
Lumendurchm. der Vena cava caudalis	$y = -3,0973 + 0,0696x$	0,972	44	90.-204. Tag
Lumendurchmesser der Aorta	$y = -2,6995 + 0,0561x$	0,977	56	90.-228. Tag
Mittlerer Durchm. des Urachus	$y = -0,8109 + 0,0766x$	0,671	79	62.-152. Tag
Länge eines Wirbelkörpers mit ZR	$y = -2,4499 + 0,0649x$	0,982	136	54.-228. Tag
Länge von Radius/Ulna	$y = -38,8057 + 0,5748x$	0,972	34	104.-204. Tag
Länge des Metakarpus	$y = -40,1484 + 0,4808x$	0,956	37	104.-216. Tag
Länge des Metatarsus			6	104.-172. Tag
Länge des Darmbeins (Os ilium)	$y = -13,5023 + 0,2713x$	0,946	98	62.-152. Tag
Länge des Sitzbeins (Os ischii)	$y = -10,4385 + 0,1848x$	0,946	61	66.-152. Tag
Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)	$y = -2,9636 + 0,0303x$	0,496	71	252.-322. Tag
Herzfrequenz	$y = 178,5364 - 0,3263x$	0,903	30	97.-266. Tag

6.8 Die Geschlechtsbestimmung

Die Bestimmung des Geschlechts der Feten erfolgte wie in Abschnitt 5.2.5.20 (siehe Seite 67) beschrieben anhand des Genitalhöckers bzw. bei älteren Feten anhand des Penis respektive der Milchdrüse. Die Geschlechtsbestimmung wurde bei jedem Fetus mehrmalig durchgeführt. Die letztlich gestellte Geschlechtsdiagnose erfolgte angesichts der letzten durchgeführten Untersuchung.

Tab. 3: Die Geschlechtsdiagnose bei Feten von Islandpferdestuten sowie die erst- und letztmalige Sichtbarkeit des Geschlechts.

Stute Nr.	Ultraschall-diagnose	Geschlecht bei Geburt	Geschlechtsdiagnose korrekt	Geschlecht erstmalig sichtbar	Geschlecht letztmalig sichtbar
1	Hengst	Hengst	ja	62. Tag	152. Tag
2	Stute	Hengst	nein	66. Tag	90. Tag
3	Hengst	Hengst	ja	58. Tag	118. Tag
4	Stute	Hengst	nein	62. Tag	90. Tag
5	Stute	Stute	ja	66. Tag	132. Tag
6	Stute	Stute	ja	62. Tag	142. Tag
7	Stute	Stute	ja	70. Tag	142. Tag
8	Hengst	Hengst	ja	62. Tag	142. Tag
9	Hengst	Hengst	ja	62. Tag	152. Tag
10	Hengst	Hengst	ja	66. Tag	142. Tag
11	Hengst	Hengst	ja	62. Tag	142. Tag
12	Hengst	Hengst	ja	62. Tag	172. Tag

Bei zwölf Feten wurde das Geschlecht in 83% der Fälle (10/12) korrekt bestimmt (Tab. 3, Abb. 47). Bei fünf dieser Feten (50%; 5/10) wurde die Diagnose in allen Untersuchungen korrekt gestellt. Bei vier Feten (40%; 4/10) wurde die Diagnose zunächst falsch gestellt, bei allen folgenden Untersuchungen war sie jedoch korrekt. Bei einem Fetus (10%; 1/10) war die Geschlechtsbestimmung zunächst korrekt, dann zweimal falsch und danach mehrmals korrekt.

Bei den beiden nicht korrekt bestimmten Feten (17%; 2/12) handelte es sich um Hengste (Tab. 3, Abb. 47); bei der sonographischen Untersuchung wurden diese anhand der Charakteristik des Genitalhöckers für weibliche Tiere gehalten.

Erstmals konnte das Geschlecht des Fetus am 58. Tag p. ov. bestimmt werden, jedoch war dies nur bei 8% der Feten (1/12) möglich (Tab. 3, Abb. 47). Bei 58% der Feten (7/12) stellte der 62. Trächtigkeitstag den ersten Tag für eine Geschlechtsdiagnose dar, bei 25% der Feten (3/12) der 66. Tag p. ov. und bei 8% (1/12) erst der 70. Tag p. ov. Möglich war die Geschlechtsbestimmung bei 42% der Feten (5/12) bis zum 142. Tag p. ov. Bei einigen Feten war das Zeitfenster nicht so groß; es reichte bei 17% der Feten (2/12) nur bis zum 90. Tag p. ov., bei 8% (1/12) bis zum 118. Tag p. ov. und ebenfalls bei 8% (1/12) bis zum 132. Tag p. ov. Allerdings gelang bei einigen wenigen Feten die Geschlechtsbestimmung auch noch nach dem 142. Tag p. ov., und zwar bei 17% (2/12) bis zum 152. Tag p. ov. und bei 8% (1/12) bis zum 172. Tag p. ov.

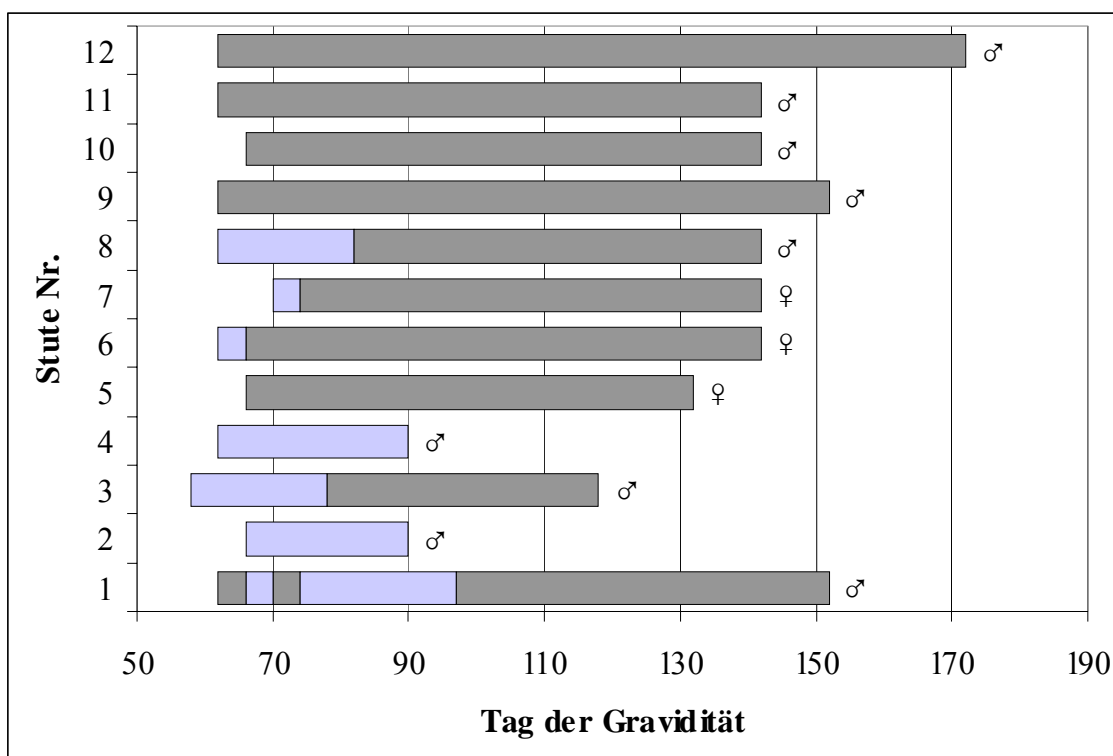


Abb. 47: Das Zeitfenster für die ultrasonographische Geschlechtsbestimmung während der Trächtigkeit bei Feten von Islandpferdestuten.
(dunkle Balken: korrekt bestimmtes Geschlecht, helle Balken: nicht korrekt bestimmtes Geschlecht)

6.9 Die Erreichbarkeit des Fetus

Die Feten der Islandpferdestuten waren für eine fetometrische Untersuchungen während der gesamten Trächtigkeit zugänglich. Ab dem 30. Tag konnte bei 100% der Untersuchungen (498/498) zumindest ein Parameter fetometrisch vermessen werden.

6.9.1 Die Erreichbarkeit der einzelnen fetalen Körperteile

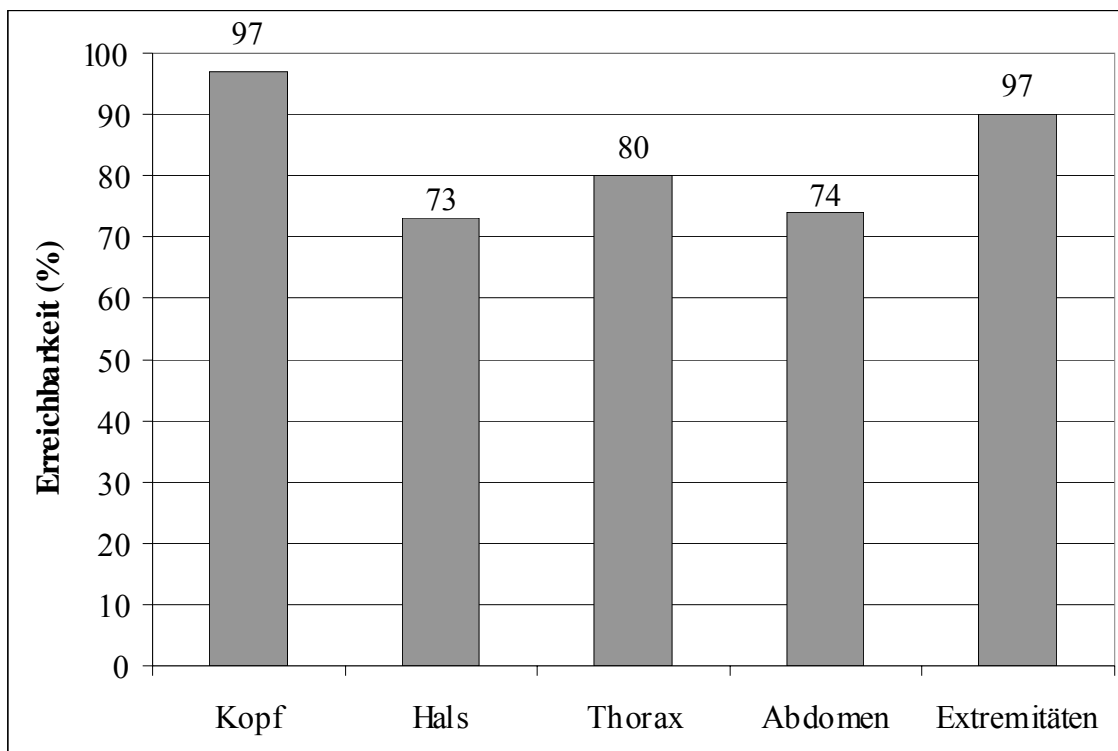


Abb. 48: Die Erreichbarkeit der einzelnen fetalen Körperteile für die fetometrische Untersuchung während der Trächtigkeit ab dem zweiten Trächtigkeitsmonat (n = 498).

Zwischen dem zweiten und elften Trächtigkeitsmonat konnte der Kopf in 97% der Untersuchungen (481/498) dargestellt werden (Abb. 48). Der Hals wurde in 73% der Untersuchungen (363/498) erreicht, ähnlich dem Abdomen, welches in 74% der Fälle (370/498) untersucht werden konnte. In 80% der durchgeführten Untersuchungen (396/498) war es möglich, den Thorax zu erreichen. Die Extremitäten wurden in 90% der Untersuchungen (448/498) dargestellt, wobei sie aufgrund der Fetalbewegungen bzw. später aufgrund ihrer Länge nicht in allen Fällen zu vermessen waren.

6.9.2 Die Erreichbarkeit des Kopfes

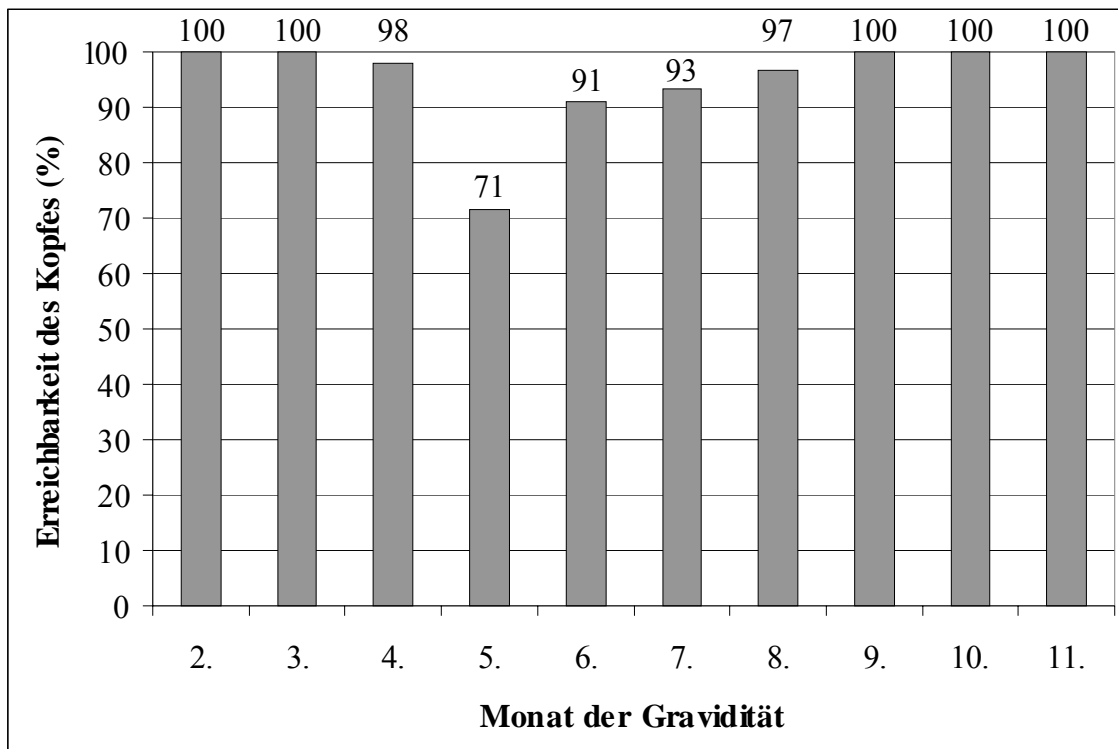


Abb. 49: Die Erreichbarkeit des Kopfes im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).
 (2. Monat: 156/156; 3. Monat: 96/96; 4. Monat: 47/48; 5. Monat: 25/35;
 6. Monat: 30/33; 7. Monat: 28/30; 8. Monat: 28/29; 9. Monat: 24/24;
 10. Monat: 24/24; 11. Monat: 23/23)

Während im zweiten und dritten sowie im neunten bis elften Monat der Kopf in 100% der Untersuchungen darstellbar war, konnte er im fünften Monat nur in 71% der Fälle, im vierten und sechsten bis achten Monat jedoch in über 90% der Fälle sonographisch vermessen werden (Abb. 49). In den Fällen, in denen der Kopf durch die Ultraschallsonde nicht erreicht werden konnte, lag der Fetus zum Zeitpunkt der Untersuchung in Hinterendlage.

6.9.3 Die Erreichbarkeit des Halses

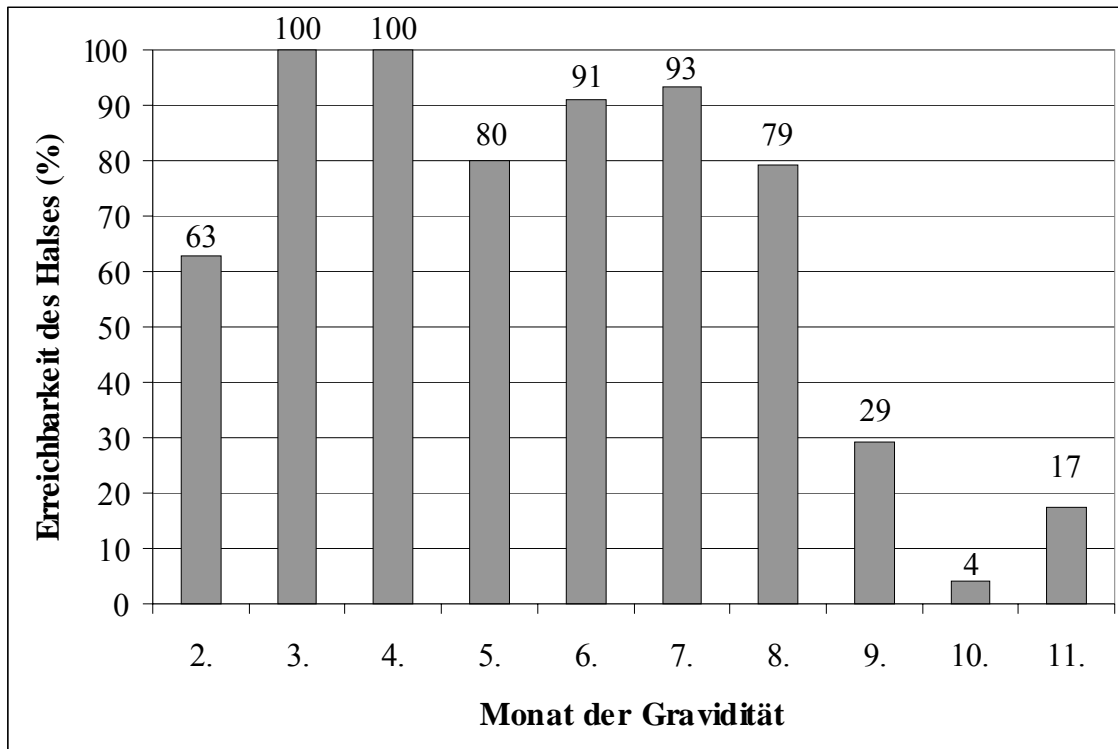


Abb. 50: Die Erreichbarkeit des Halses im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).
 (2. Monat: 98/156; 3. Monat: 96/96; 4. Monat: 48/48; 5. Monat: 28/35;
 6. Monat: 30/33; 7. Monat: 28/30; 8. Monat: 23/29; 9. Monat: 7/24;
 10. Monat: 1/24; 11. Monat: 4/23)

Der Halsbereich war bis zum achten Monat regelmäßig sonographisch darstellbar (Abb. 50). Im neunten Monat waren noch 29% der Versuche erfolgreich, danach waren Messungen nur noch in wenigen Fällen möglich. Der Hals, der bei einer Vorderendlage unmittelbar vor dem Beckeneingang zu finden war, war aufgrund des immer geringer werdenden Platzes für den Arm des Untersuchers nur noch vereinzelt erreichbar.

6.9.4 Die Erreichbarkeit des Thorax

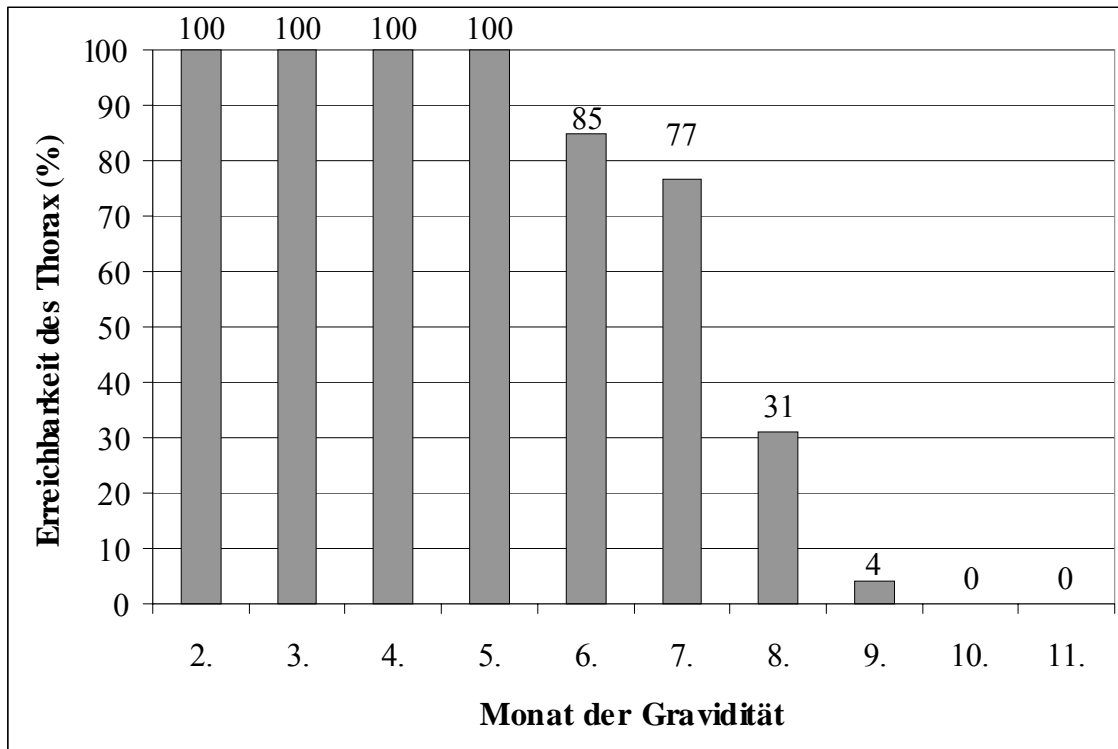


Abb. 51: Die Erreichbarkeit des Thorax im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).
 (2. Monat: 156/156; 3. Monat: 96/96; 4. Monat: 48/48; 5. Monat: 35/35;
 6. Monat: 28/33; 7. Monat: 23/30; 8. Monat: 9/29; 9. Monat: 1/24;
 10. Monat: 0/24; 11. Monat: 0/23)

Der Thorax war bis zum siebten Monat regelmäßig für die Fetometrie zugänglich (Abb. 51). Später wurde die Vermessung der Strukturen im Thoraxbereich erschwert, einerseits durch die Größe des Fetus und durch den limitierten Platz für den Arm des Untersuchers, andererseits durch die zumeist vorliegende Vorderendlage. Im achten Monat gelangen noch 31% der Untersuchungen, im neunten Monat nur noch 4% und im zehnten und elften Monat waren keine Untersuchungen mehr möglich.

6.9.5 Die Erreichbarkeit des Abdomens

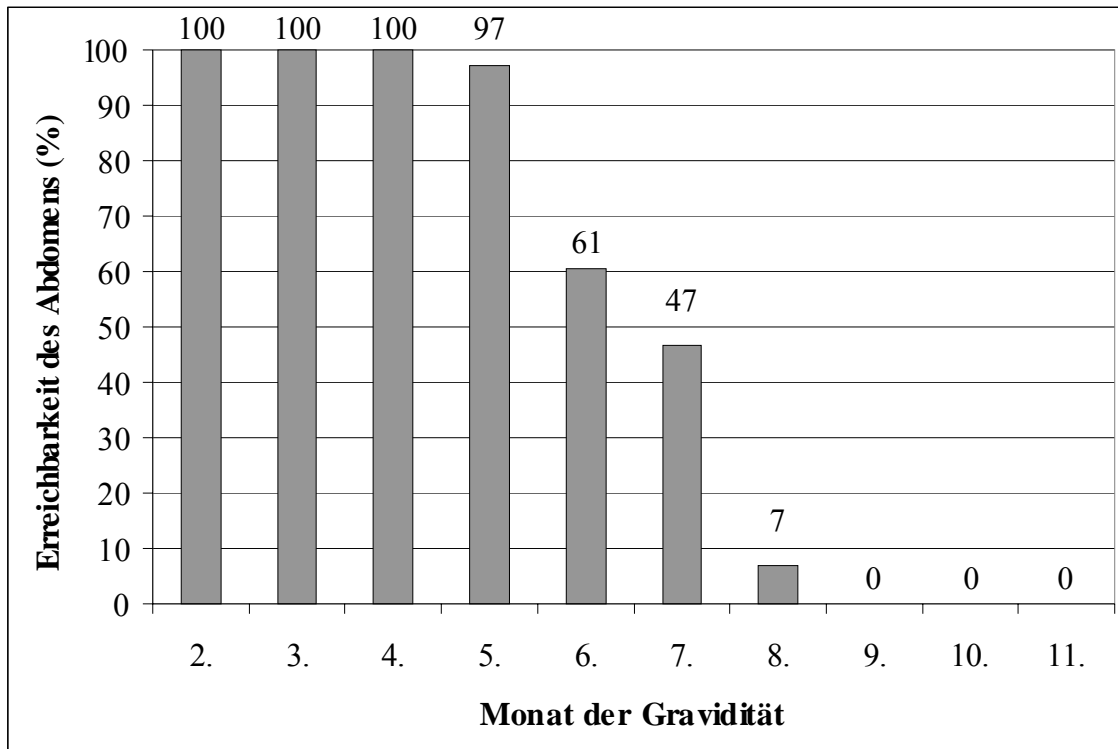


Abb. 52: Die Erreichbarkeit des Abdomens im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).
 (2. Monat: 156/156; 3. Monat: 96/96; 4. Monat: 48/48; 5. Monat: 34/35;
 6. Monat: 20/33; 7. Monat: 14/30; 8. Monat: 2/29; 9. Monat: 0/24;
 10. Monat: 0/24; 11. Monat: 0/23)

Das Abdomen war bis zum fünften Monat in über 90% der Fälle darstellbar (Abb. 52). Im sechsten Monat war bei 61% der Untersuchungen eine Darstellung des Abdomens möglich, im siebten Monat bei 47% und im achten Monat nur noch in Einzelfällen (7%). Ab dem neunten Monat war das Abdomen für die Ultraschalluntersuchung nicht mehr zugänglich. Die Untersuchung des Abdomens wurde mit fortschreitender Trächtigkeit ebenso wie die des Thorax durch den wachsenden Fetus, die engen Platzverhältnisse und die Vorderendlage des Fetus erschwert.

6.9.6 Die Erreichbarkeit der Extremitäten

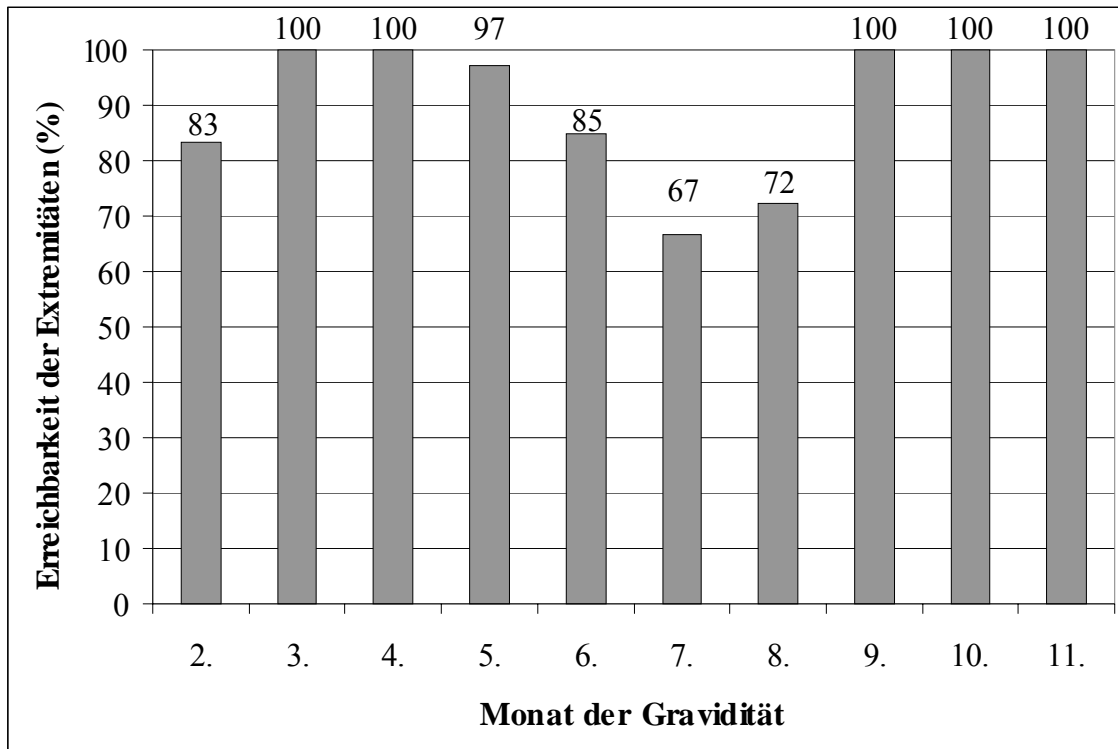


Abb. 53: Die Erreichbarkeit der Extremitäten im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).
 (2. Monat: 130/156; 3. Monat: 96/96; 4. Monat: 48/48; 5. Monat: 34/35;
 6. Monat: 28/33; 7. Monat: 20/30; 8. Monat: 21/29; 9. Monat: 24/24;
 10. Monat: 24/24; 11. Monat: 23/23)

Die Extremitäten der Feten waren ab dem zweiten Monat für den gesamten Zeitraum der Trächtigkeit erreichbar, wenn auch durch Fetalbewegungen vor allem in der Frühgravidität und durch ihre zunehmende Länge zu späteren Zeitpunkten der Trächtigkeit nicht immer messbar (Abb. 53). Im sechsten bis achten Monat waren die Extremitäten in einigen Fällen durch andere Körperteile verdeckt und dadurch für die Ultraschallsonde nicht erreichbar.

7 DISKUSSION

Die fetometrische Ultraschalluntersuchung wird in der Literatur als eine geeignete Methode zur Altersschätzung von Feten bei Großpferden beurteilt (KÄHN und LEIDL 1987). Da für Islandpferdefeten bisher keine Daten zur Verfügung stehen, soll mit den Erkenntnissen aus der vorliegenden Studie eine fetometrische Untersuchung auch bei Pferden kleiner Rassen möglich gemacht werden. Bestehende Daten aus früheren Untersuchungen bei Großpferden (KÄHN und LEIDL 1987; GINTHER 1995) wurden teilweise bereits in der Software einiger Ultraschallgeräte implementiert, um für die Altersbestimmung von Feten genutzt zu werden. Diese Daten dürfen jedoch nicht einfach auf Kleinpferde und Ponies übertragen werden, da sich deren Wachstumsgeschwindigkeit gegenüber der von Großpferden ab dem 100. Tag der Gravidität unterscheidet (GINTHER 1979).

Die Ergebnisse aus den durchgeführten Untersuchungen werden im Folgenden mit bereits bestehenden Erkenntnissen von Großpferden und anderen Tierarten sowie des Menschen verglichen und diskutiert. Es soll festgestellt werden, welche Strukturen sich während der einzelnen Trächtigkeitsstadien für die transrektale sonographische Fetometrie bei Islandpferdestuten besonders eignen.

Bei den Ultraschallmessungen wurde großer Wert auf eine schonende Behandlung der Stuten gelegt, um Verletzungen zu vermeiden. Kam es aus diesem Grunde zu verkürzten Untersuchungen, war eine vollständige Erhebung aller Daten oftmals nicht möglich, so dass bei länger andauernden Untersuchungen durchaus eine höhere Vollständigkeit hätte erreicht werden können. Bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse muss ebenfalls berücksichtigt werden, dass bei der vorliegenden Studie die aktuellen Untersuchungsergebnisse mit den jeweils vorhergehenden Messungen verglichen und somit auf Plausibilität überprüft werden konnten.

Darüber hinaus wurde bei allen Feten anhand der Lokalisation des Genitaltuberkels eine Geschlechtsbestimmung durchgeführt, die ebenfalls diskutiert werden soll.

7.1 Die Vermessung der Fruchtblasen

Die in der vorliegenden Arbeit gefundenen Durchmesser der Fruchtblasen stimmen mit den Angaben von GINTHER (1995) überein, welcher keinen Unterschied zwischen der Größe der Fruchtblasen von Ponies und Großpferden feststellen konnte.

Messungen von GINTHER (1983b) ergaben für das Wachstum der Fruchtblase eine lineare Größenzunahme von etwa 3,4 mm pro Tag zwischen dem zehnten und 16. Tag p. ov., eine Plateaubildung zwischen dem 18. und 26. Tag p. ov. und wiederum ein lineares Wachstum von etwa 1,8 mm pro Tag zwischen dem 28. und 45. Tag p. ov. GINTHER (1983b) verwendete jeweils den Mittelwert aus der Messung der größten Höhe der Fruchtblase parallel zu der Seite des Ultraschallbildschirmes und der größten Breite parallel zu der Oberseite des Bildschirms. Bei den Messungen der vorliegenden Studie fanden sich für den mittleren Durchmesser der Fruchtblasen sehr ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die Zeiträume des linearen Wachstums und der Plateaubildung. Das lineare Wachstum fand zwischen dem zehnten und 16. Tag p. ov. sowie zwischen dem 30. und 46. Tag p. ov. statt, ein Plateau mit einer deutlich geringeren Größenzunahme fand sich zwischen dem 16. und 30. Tag p. ov. Die durchschnittliche tägliche Größenzunahme des mittleren Durchmessers der Fruchtblasen entsprach mit etwa 3,5 mm zwischen dem zehnten und 16. Tag p. ov. den Ergebnissen von GINTHER (1983b), lag jedoch für die Tage 30 bis 46 p. ov. mit etwa 2,5 mm darüber. Eine mögliche Erklärung wäre die Verwendung des Konvexschallkopfes in der eigenen Studie und die somit unter Umständen veränderte Erfassung weiter kranial gelegener Bereiche.

In der vorliegenden Arbeit sollen der größte Durchmesser (Längsdurchmesser) und der mittlere Durchmesser einander gegenübergestellt und verglichen werden. Die gefundenen Korrelationen zwischen dem Tag der Gravidität und dem Durchmesser der Fruchtblasen waren mit $r_{(d10-d50)} = 0,979$ für den Längsdurchmesser und $r_{(d10-d50)} = 0,986$ für den mittleren Durchmesser der Fruchtblasen sehr hoch und annähernd identisch. Die Streuung der Ergebnisse ab dem 40. Trächtigkeitstag zeigte sich beim Längsdurchmesser etwas stärker ausgeprägt als beim mittleren Durchmesser. Die Verwendung des mittleren Durchmessers der Fruchtblasen scheint demnach geringfügig genauer zu sein als die des Längsdurchmessers.

7.2 Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge

Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge (SSL) wurde in der vorliegenden Arbeit zwischen dem 20. und 86. Tag p. ov. der Trächtigkeit durchgeführt.

In der embryonalen Phase zwischen dem 20. und 40. Tag p. ov. ergab sich in der eigenen Studie für die SSL ein mittleres Wachstum von etwa 1,0 mm pro Tag, wobei der Mittelwert aller Messungen der SSL am 20. Tag p. ov. $3,2 \pm 1,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 8$) betrug und am 40. Tag p. ov. $21,8 \pm 3,0$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 12$). GINTHER (1995) vertritt indessen die Meinung, dass eine Altersschätzung, basierend auf diesem Parameter, zwischen dem 21. und 39. Tag der Trächtigkeit als unzureichend einzuschätzen ist, da eine Ausrichtung der Ultraschallsonde parallel zur Längsachse des Embryos nicht immer möglich ist. Mithilfe des in der vorliegenden Arbeit verwendeten Konvexschallkopfes wurde die parallele Ausrichtung zur Längsachse des Embryos hingegen besser erreicht. Die Genauigkeit der Messung ist jedoch aufgrund der mangelnden Identifizierbarkeit des Embryos weiterhin problematisch, da vermutlich durch versehentliche Einbeziehung der Fruchthüllen ein größeres als sein tatsächliches Ausmaß vorgetäuscht wurde; demgegenüber führte die embryonale Krümmung zu einem geringeren Messergebnis. Folglich scheinen für die Altersschätzung während dieses Zeitraumes alleinige Messungen der SSL auch weiterhin weniger sinnvoll zu sein; vielmehr sollten hauptsächlich morphologische Kriterien beachtet werden (GINTHER 1995).

In der Literatur findet man bezüglich der SSL für den 40. Tag der Gravidität Angaben von 24 mm (GINTHER 1995) und für den 60. Tag von 40 mm (KÄHN 1991). Dabei besteht laut GINTHER (1995) bis zum 45. Tag p. ov. kein signifikanter Unterschied in der SSL zwischen Ponies und Großpferden. Hinsichtlich des 40. Tages p. ov. stimmen die Angaben aus der Literatur mit dem Ergebnis aus der eigenen Studie von $21,8 \pm 3,0$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 12$) annähernd überein, während für den 58. Tag p. ov. mit $60,2 \pm 2,9$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 12$) ein erheblich größerer Wert gefunden wurde, als derjenige aus den oben genannten Messungen bei Großpferden. Die SSL wurde in der vorliegenden Studie letztmalig am 86. Tag der Trächtigkeit bestimmt, wobei der Mittelwert aller Messungen der SSL dieses Tages $140,9 \pm 3,5$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 6$) erreichte. Dieser Wert stimmt wiederum in etwa mit demjenigen von EVANS und SACK (1973) überein, die um den 90. Trächtigkeitstag eine Größe von etwa 150 mm ermittelten. Zu späteren Zeit-

punkten war es nicht mehr möglich, den Fetus vollständig auf dem Bildschirm des Ultraschallgerätes abzubilden.

Ebenso wie in der vorliegenden Studie gefunden, wies die SSL für den betrachteten Zeitraum auch bei anderen Autoren mit zunehmender Trächtigkeit ein schnelleres Wachstum auf (EVANS und SACK 1973; GINTHER 1995). Einen Hinweis auf Regressionsgleichungen geben diese Autoren jedoch nicht. Aus den Ergebnissen von Studien bei Rindern ist bekannt, dass bei Rinderfeten für die SSL ein exponentielles Wachstum vorliegt (WHITE et al. 1985; KÄHN 1989). Ebenso zeigt die Zunahme der SSL beim Menschen einen exponentiellen Verlauf (BAHLMANN und MERZ 2002). Die Ergebnisse einer Studie an Schafen hingegen zeigten für Feten dieser Tierart ein lineares Wachstum der SSL (KÄHN et al. 1992).

Es bestand in der eigenen Arbeit eine sehr enge Korrelation zwischen der SSL und dem Zeitpunkt der Trächtigkeit ($r_{(d20-d86)} = 0,996$) und eine nur sehr geringe Streuung der Ergebnisse. Die SSL kann somit nach den Ergebnissen der vorliegenden Studie zwischen dem 40. und 86. Tag der Gravidität für eine zuverlässige Altersbestimmung bei Feten von Islandpferden herangezogen werden. Ferner zeigten auch die Autoren WHITE et al. (1985) und KÄHN (1989), dass die SSL aus allen Parametern die genaueste Bestimmung des Gestationsalters von Rinderfeten ermöglicht. In der Humanmedizin besitzt die Gestationsaltersschätzung mithilfe der SSL eine solche Genauigkeit, wie sie später bei der Messung anderer Parameter aufgrund der biologischen Variabilität nicht mehr erreicht werden kann (MERZ 2002).

7.3 Die Vermessung des Schädels

Der Querdurchmesser der Schädelhöhle in der eigenen Studie entspricht der Bezeichnung „größter Durchmesser der Schädelhöhle“ in anderen Arbeiten (KÄHN und LEIDL 1987). Er konnte zwischen dem 54. und 216. Tag der Trächtigkeit erhoben werden, was den Angaben von KÄHN und LEIDL (1987) entspricht, die ihre Messungen ebenfalls bis zum achten Trächtigkeitsmonat durchführen konnten. Später wurden die Untersuchungen sowohl durch die höhere Echogenität der Knochen aufgrund von deren fortschreitender Verknöcherung als auch durch die begrenzte Eindringtiefe der Schallwellen und die Abbildungsbreite auf dem Bildschirm eingeschränkt.

Der Querdurchmesser der Schädelhöhle zeigte in der vorliegenden Arbeit ein lineares Wachstum. Das Ergebnis unterschied sich damit von dem der Autoren KÄHN und LEIDL (1987), die

einen exponentiellen Verlauf für das Wachstum der Schädelhöhle feststellten. Bei Rinderfeten wurde hingegen ein lineares Wachstum des größten Innendurchmessers der Schädelhöhle dokumentiert (KÄHN 1989).

Es bestand in der eigenen Arbeit zwischen dem 54. und 216. Tag der Trächtigkeit eine sehr enge Korrelation zum Trächtigkeitstag ($r_{(d54-d216)} = 0,984$) mit einer sehr geringen Streuung der Einzelwerte. Lediglich am 162. Tag p. ov. gab es eine Messung mit einer größeren Abweichung, die allerdings als Ausreißerwert angesehen werden kann. Damit kann auch bei Feten von Islandpferden davon ausgegangen werden, dass die These von KÄHN und LEIDL (1987) zutrifft, dass sich der Querdurchmesser respektive der größte Durchmesser der Schädelhöhle für die Altersbestimmung eignet.

Im Gegensatz zu Messungen in der Humanmedizin findet die Bestimmung des Kopfumfanges bei Pferden bisher keine Anwendung. Das ist vermutlich einerseits auf die artspezifische Ausprägung der Kopfform und andererseits auf die Größe des Kopfes selbst zurückzuführen. Des Weiteren stellt, anders als bei der Geburt eines Kindes, der Kopf des Fohlens beim Geburtsvorgang ein nur geringes Hindernis dar.

7.4 Die Vermessung des Auges

Ebenso wie in der Studie von KÄHN und LEIDL (1987) war das Auge auch in der eigenen Arbeit während der gesamten Trächtigkeit das am leichtesten und am sichersten auffindbare Organ. Dadurch, dass es sich im Ultraschallbild beinahe echolos darstellte und sich von der stark echogenen Orbita gut abgehoben hat, erwies sich sein Auffinden sowie seine Vermessung als keine große Schwierigkeit. Darüber hinaus befand sich bei einer Vorderendlage des Fetus der Kopf auch bei zunehmender Größe unmittelbar vor dem Becken, was ebenfalls das Auffinden und die Vermessung in hohem Maße erleichterte. So konnte eine Vermessung des Auges ab dem Beginn des zweiten Monats bis zur Geburt regelmäßig stattfinden. Lediglich im fünften Monat konnten die Strukturen des Kopfes in nur 71% der Untersuchungen erreicht werden, in allen anderen Monaten war ihre Vermessung in über 90% der Untersuchungsgänge möglich (siehe Seite 142, Kapitel 7.21 Die Erreichbarkeit des Fetus).

Die Wachstumskurve des Auges hingegen unterschied sich von derjenigen der Probanden von den Autoren KÄHN und LEIDL (1987). Während diese bei Vollblut- und Traberfeten ein linea-

res Wachstum des Augapfels fanden, zeigte die vorliegende Untersuchung, dass sowohl der Längsdurchmesser als auch der Querdurchmesser und der mittlere Durchmesser des Augapfels mit fortschreitender Gravidität in etwas geringerem Maße zunahmen als während der frühen und mittleren Trächtigkeit. Diese Ergebnisse entsprechen wiederum denen von KÄHN (1989) für die Untersuchungen an Rinderfeten, bei denen sich ebenfalls das Wachstum des Augapfels mit fortschreitender Trächtigkeit verlangsamte.

In der Literatur wurde ebenfalls die Möglichkeit genannt, das Augenvolumen zu messen (PANTALEON et al. 2003). Jedoch beschrieben die Autoren weder die Wachstumskurve noch die Korrelation zum Zeitpunkt der Gravidität, so dass keine Vergleiche zur Methodik der eigenen Studie stattfinden konnten.

Ein Vergleich der größten Durchmesser des Augapfels aus der vorliegenden Studie mit denjenigen aus der Studie von KÄHN und LEIDL (1987) zeigte, dass der Augapfel der Großpferdefeten bereits am 90. Tag p. ov. mit etwa 13,4 mm deutlich größer war als die der Islandpferdefeten mit etwa 10,7 mm. Um den 322. Tag p. ov. war der Unterschied mit etwa 46 mm bzw. 35,5 mm nochmals größer.

Es bestand in der eigenen Studie ebenso wie in der Studie von KÄHN und LEIDL (1987) eine sehr enge Korrelation zwischen der Größe des Augapfels und dem Trächtigkeitstag, wenngleich kein Unterschied zwischen dem größten Durchmesser des Augapfels und dem dazu senkrecht stehenden Durchmesser festgestellt werden konnte. Sowohl der Längsdurchmesser ($r_{(d30-d322)} = 0,997$) und der Querdurchmesser ($r_{(d30-d322)} = 0,996$) als auch der mittlere Durchmesser ($r_{(d30-d322)} = 0,997$) des Augapfels besaßen zwischen dem Beginn des zweiten Monats und der Geburt eine vergleichbar hohe Korrelation zum Zeitpunkt der Trächtigkeit. Darüber hinaus besaßen alle drei Parameter während dieses Zeitraumes eine sehr geringe Streuung der Ergebnisse und eignen sich daher gleichermaßen zuverlässig für die Altersbestimmung des Fetus.

7.5 Die Vermessung der Trachea

Eine Vermessung der Trachea fand zwischen dem 111. und dem 322. Tag der Gravidität statt, wobei ab dem 252. Tag p. ov. Messungen nur noch in wenigen Einzelfällen möglich waren. Die Trachea gehörte zu den sehr gut auffindbaren Strukturen, da sie durch ihr rohrförmiges Aussehen, begrenzt durch die im Anschnitt getroffenen Knorpelspangen und die Flüssigkeit im Lumen

sehr markant auf dem Ultraschallmonitor sichtbar wurde. Eine Schwierigkeit ergab sich am Ende der Trächtigkeit durch die enger werdenden Platzverhältnisse im maternalen Beckenraum, die es dann nur noch in wenigen Fällen erlaubten, die fetale Trachea zu erreichen und sonographisch darzustellen.

Es bestand zwischen dem 111. und 322. Tag der Trächtigkeit ein lineares Wachstum des Lumen­durchmessers der Trachea bei einer sehr engen Korrelation ($r_{(d111-d322)} = 0,972$) zum Tag der Trächtigkeit und einer geringen Streuung der Ergebnisse. Vergleichbare ultraschallbiometrische Erkenntnisse zur Vermessung der Trachea existieren in der Literatur bisher nicht.

Aus den Erfahrungen dieser Studie hinsichtlich der Erreichbarkeit, der sehr hohen Korrelation sowie der geringen Streuung der Einzelwerte scheint sich die Trachea in dem untersuchten Zeitraum gut für die Bestimmung des Alters von Islandpferdefeten zu eignen.

7.6 Die Vermessung der Halswirbel

Die durchschnittliche Länge des Knochenkerns eines Halswirbels einschließlich eines Zwischen­raumes aus der Messung von drei Halswirbeln und ihrer Zwischenräume zu ermitteln hat den Vorteil, dass Größenunterschiede zwischen den einzelnen Wirbeln nicht so stark ins Gewicht fallen. Die Wirbel ließen sich gut auf dem Ultraschallbildschirm darstellen und vermessen, lediglich die starken und sehr plötzlichen Fetalbewegungen in den ersten Monaten sowie die den Monitor übersteigende Größe der Wirbel ab dem 216. Tag p. ov. schränkten die Messung ein. Abgesehen davon konnten die Halswirbel zwischen dem 58. und dem 192. Tag p. ov. sehr konstant vermessen werden.

Übereinstimmend mit den Ergebnissen von KÄHN (1989), welcher bei Rinderfeten eine lineare Zunahme der Halswirbellänge im Laufe der Trächtigkeit feststellte, verlief das Wachstum eines Halswirbels und seines Zwischenraumes bei Islandpferdefeten ebenfalls linear.

Die ermittelte durchschnittliche Länge eines Halswirbels einschließlich seines Zwischenraumes besaß zwischen dem 58. und dem 216. Tag der Trächtigkeit eine sehr hohe Korrelation zum Trächtigkeitstag ($r_{(d58-d216)} = 0,994$) und eine sehr geringe Streuung der Ergebnisse, so dass sich die Halswirbel, auch aufgrund ihrer guten Erreichbarkeit, sehr gut für die Altersbestimmung von Islandpferdefeten zu eignen scheinen.

7.7 Die Vermessung der Rippen

In gleicher Weise wie für die Messung der Halswirbel beschrieben, wurden auch bei den Rippen aus Gründen der Genauigkeit jeweils drei hintereinanderliegende Rippen und Interkostalräume vermessen. Dabei galt es zu beachten, dass die zu vermessenen Rippen im mittleren Brustkorbbereich gelegen waren, da die kranialen Rippen sowohl einen größeren Durchmesser als auch einen größeren Abstand zueinander zu haben scheinen (KÄHN und LEIDL 1987). Daraufhin wurde die durchschnittliche Breite einer Rippe und eines Interkostalraumes durch Division ermittelt.

Nach Angaben in der Literatur sind die Rippen ab dem 48.-51. Tag p. ov. sonographisch darstellbar (GINTHER 1995) und können bis zum achten Monat vermessen werden (KÄHN und LEIDL 1987). Übereinstimmend mit diesen Erkenntnissen war die erste Messung der eigenen Untersuchungen am 54. Tag der Trächtigkeit möglich, die letzte am 240. Tag.

KÄHN und LEIDL (1987) beschrieben eine lineare Zunahme der Breite einer Rippe und eines Interkostalraumes bei Pferdefeten. Ebenso zeigte die Breite einer Rippe und eines Interkostalraumes bei Rinderfeten nach Angaben in der Literatur ein lineares Wachstum (KÄHN 1989). Das in der eigenen Arbeit ermittelte Wachstum der durchschnittlichen Breite einer Rippe und eines Interkostalraumes bei Feten von Islandpferden verlief ebenfalls linear und bestätigte somit die bereits vorliegenden Erkenntnisse.

KÄHN (1989) beschrieb außerdem, dass bei Rinderfeten der Durchmesser der Rippen und die Breite ihrer Interkostalräume der Länge der Wirbel samt ihrer Zwischenräume entsprach. Diese Gesetzmäßigkeit konnte in der Frühträchtigkeit in der vorliegenden Studie ebenfalls festgestellt werden. Danach traf dies aufgrund der schnelleren Größenzunahme der Rippen nicht mehr zu. Möglicherweise gelang es in der eigenen Studie mit fortschreitender Trächtigkeit und zunehmender Größe des Fetus nicht mehr zuverlässig, Rippen aus dem mittleren Brustkorbbereich zu vermessen, wodurch vermehrt breitere Rippen mit größeren Interkostalräumen erfasst wurden und somit ein steileres Wachstum daraus resultierte.

Es bestand bei den Ergebnissen der vorliegenden Studie eine sehr hohe Korrelation zwischen der durchschnittlichen Breite einer Rippe einschließlich eines Interkostalraumes und dem Tag der Gravidität ($r_{(d54-d240)} = 0,984$) sowie eine nur sehr geringe Streuung der Einzelwerte. Somit

kann dieser Parameter durchaus für die Altersbestimmung von Islandpferdefeten zwischen dem 54. und dem 240. Tag der Gravidität empfohlen werden. Darüber hinaus waren die Rippen recht einfach aufzufinden, darzustellen und zu vermessen.

7.8 Die Vermessung des Herzens

Die Vermessung des Herzens erfolgte zwischen dem 24. und dem 152. Tag der Gravidität. Zunächst war das Herz auf dem Monitor des Ultraschallgerätes nur als Pulsieren weniger Lichtpunkte sichtbar (KÄHN und LEIDL 1984), dann als eine pulsierende, flüssigkeitsgefüllte Struktur, die schließlich durch Septen und Herklappen unterteilt wurde. Im zweiten Stadium wurde als Herzlänge die längere Seite des pulsierenden Ovals festgelegt, als Herzbreite die dazu senkrecht stehende kürzere Seite. Später wurde das ausgebildete Herz im Vierkammerschnitt abgebildet und vermessen. Alle Messungen erfolgten während der Diastole.

Das Herz war durch seine stetige Eigenbewegung ein sehr leicht aufzufindendes Organ und eignete sich daher gut für die Fetometrie. Lediglich die Größe schränkte die Vermessung ab dem fünften Monat ein, da das Abbilden des gesamten Herzens auf dem Bildschirm zunehmend schwieriger wurde. Hinzu kam, dass die Rippen Schallschatten verursachten, die das Herz teilweise verdeckten und die Vermessung erschwerten. Das Erfassen der Herzfrequenz war durch die Interkostalräume jedoch auch weiterhin möglich, bis die Größe des Fetus ein Erreichen des Thorax ab dem zehnten Monat nicht mehr zuließ.

Die Wachstumskurven der Herzlänge, der Herzbreite und des mittleren Herzdurchmessers zeigten mit fortschreitender Trächtigkeit eine geringfügig schnellere Größenzunahme als zu Beginn der Messungen; bei der Herzbreite war dies stärker ausgeprägt als bei der Herzlänge. Eine ebensolche Wachstumskurve wurde in der Literatur für das Herz von Beagle-Embryonen und Beagle-Feten beschrieben (MORIYOSHI et al. 1996).

Sowohl die Herzlänge ($r_{(d24-d152)} = 0,990$) als auch die Herzbreite ($r_{(d24-d152)} = 0,987$) und der mittlere Herzdurchmesser ($r_{(d24-d152)} = 0,992$) der Feten besaßen in dem untersuchten Zeitraum eine sehr enge Korrelation zum Zeitpunkt der Gravidität. Die Streuung der Ergebnisse war bei allen drei Parametern sehr gering, lediglich bei der Herzbreite waren die Einzelwerte ab dem 100. Trächtigkeitstag weiter gestreut.

Aufgrund der sehr hohen Korrelation zum Trächtigkeitstag und der guten Auffindbarkeit des Herzens kann seine Vermessung in dem Zeitraum zwischen dem zweiten und fünften Monat als eine geeignete Methode für die Bestimmung des Alters der Feten von Islandpferdestuten bezeichnet werden. Aufgrund der geringeren Streuung sind jedoch die Herzlänge bzw. der mittlere Herzdurchmesser der Herzbreite vorzuziehen.

7.9 Die Messung der Herzfrequenz

Die Herzfrequenz konnte in der vorliegenden Arbeit zwischen dem 97. und dem 266. Tag p. ov. ermittelt werden, jedoch lagen die meisten erfolgreichen Messungen im sechsten bis achten Monat der Trächtigkeit. In der Literatur wurde eine Abnahme der Beweglichkeit des Fetus während der Untersuchung ab dem vierten Monat der Trächtigkeit beschrieben (GINTHER und GRIFFIN 1993), was zu einer erheblichen Erleichterung bei der Erfassung der fetalen Herzfrequenz führte. Die in den Monaten stärkerer Aktivität immer wieder plötzlich auftretenden, heftigen Fetalbewegungen unterbrachen nicht nur die Untersuchung, sondern führten auch zu erheblichen Schwankungen in der Herzfrequenz. Im Rahmen ihrer Untersuchungen war es KÄHN und LEIDL (1987) nur in wenigen Einzelfällen möglich, die Spitze des Thorax im achten und neunten Monat zu erreichen. Auch die Ergebnisse der eigenen Studie zeigten, dass der Thorax im achten Monat zwar noch bei 31% der Feten erreicht wurde, im neunten Monat jedoch nur noch bei 4% und eine Messung der fetalen Herzfrequenz somit nicht länger möglich war.

Wie auch im Schrifttum mehrfach beschrieben (COLLES et al. 1978; MATSUI et al. 1984; PIPERS und ADAMS-BRENDEMUEHL 1984; MATSUI et al. 1985; KÄHN und LEIDL 1987), zeigte die Entwicklung der Herzfrequenz der Feten in der eigenen Arbeit im Laufe der Trächtigkeit eine deutlich abnehmende Tendenz. Die Messungen erfolgten in Form von Mehrfachmessungen, die zu einem Durchschnittswert für den jeweiligen Tag zusammengefasst wurden. Wenngleich sehr große Unterschiede zwischen den einzelnen Messungen eines Tages durch Phasen gesteigerter Herzfrequenz auftraten, war eine lineare Abnahme der mittleren Herzfrequenz doch erkennbar.

Die mittlere Herzfrequenz der Feten von Islandpferden lag zu Beginn des vierten Monats bei etwa 140-150 und im siebten Monat bei etwa 110-120 Schlägen pro Minute. Gegen Ende der Trächtigkeit wurden aus den genannten Gründen keine Untersuchungen mehr durchgeführt.

Somit lagen die in der eigenen Studie ermittelten Herzfrequenzen in vergleichbarer Höhe wie die Ergebnisse anderer Autoren (MATSUI et al. 1985; KÄHN und LEIDL 1987).

Für die Herzfrequenz bestand im untersuchten Zeitraum eine enge Korrelation ($r_{(d97-d266)} = -0,903$) zum Zeitpunkt der Trächtigkeit. Es lag jedoch eine sehr weite Streuung der einzelnen Ergebnisse vor. Somit bestätigte die eigene Studie die Erkenntnisse der Untersuchungen von PIPERS und ADAMS-BRENDEMUEHL (1984) sowie von KÄHN und LEIDL (1987), dass die Herzfrequenz bestenfalls einen Anhaltspunkt für den Trächtigkeitszeitpunkt geben kann, sie jedoch keine verlässliche Vorhersage des Geburtstermins zulässt.

7.10 Die Messung des Rumpfquerschnittes

Die Bestimmung des Rumpfquerschnittes gelang im Zeitraum zwischen dem 32. und 132. Tag der Trächtigkeit.

Für den 60. Tag p. ov. bezifferten KÄHN und LEIDL (1987) den Durchmesser des Rumpfes bei Feten von Großpferden und Travern auf ungefähr 25 mm, um den 150. Tag p. ov. auf etwa 80-100 mm. Die vorliegende Studie ergab für den 62. Tag der Trächtigkeit im Mittel einen Rumpfquerschnitt von $19,0 \pm 1,4$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 12$). Um den 150. Tag p. ov. war eine Messung bereits nicht mehr möglich, da durch die Größe des Fetus nicht mehr eindeutig sichergestellt werden konnte, dass es sich bei jeder Messung um die kürzeste Entfernung zwischen den beiden Bauchwänden handelte. Bei der letzten Messung am 132. Tag p. ov. erreichte der Rumpfquerschnitt 72,6 mm ($n = 1$). Hinsichtlich der Durchführung ist davon auszugehen, dass die Messungen in vergleichbarer Weise ausgeführt wurden, so dass der Größenunterschied um den 60. Tag p. ov. möglicherweise auf die unterschiedliche Rasse der Tiere zurückzuführen sein könnte. Jedoch bedarf dies einer genaueren Prüfung.

Der Rumpfquerschnitt nahm in der vorliegenden Studie zwischen dem 32. und 132. Tag p. ov. mit fortschreitender Trächtigkeit geringfügig schneller zu als zu Beginn. Dieses Ergebnis unterschied sich wiederum von dem der Autoren KÄHN und LEIDL (1987), die mit zunehmendem Alter des Fetus sogar eine Verlangsamung des Wachstums beschrieben. Bei Rinderfeten hingegen fand KÄHN (1989) ebenfalls ein mit fortschreitender Trächtigkeit geringfügig schneller werdendes Wachstum.

Aus den Ergebnissen von Studien an Großpferdefeten ergab sich für den Rumpfquerschnitt bzw. Rumpfdurchmesser eine hohe Korrelation zum Trächtigkeitstag mit einer sehr geringen Schwankungsbreite, so dass er als einer der zuverlässigsten Parameter bezeichnet wird, das Alter des Fetus zu bestimmen (KÄHN und LEIDL 1987). Die in dem untersuchten Zeitraum ebenfalls ermittelte sehr hohe Korrelation zum Trächtigkeitstag ($r_{(d32-d132)} = 0,994$) sowie die geringe Streuung der Einzelwerte in der vorliegenden Studie bestätigen die von KÄHN und LEIDL (1987) vertretene These.

7.11 Die Vermessung des Magens

Der Magen zeichnete sich bei der Untersuchung des Fetus als die größte echoarme Fläche im Körper deutlich ab; sein Umriss zeigte schon früh die typisch ovale Form mit der Einziehung an der kleinen Kurvatur (KÄHN und LEIDL 1987). In der eigenen Arbeit gelang seine sonographische Vermessung zwischen dem 44. und dem 204. Tag der Gravidität. Zu späteren Zeitpunkten war die vollständige Abbildung auf dem Monitor des Ultraschallgerätes nicht mehr möglich. Erschwerend kamen die größer werdende Entfernung von der Ultraschallsonde durch das fetale Wachstum und die durch die Rippen verursachten Schallschatten hinzu.

Der Längsdurchmesser des Magens und der mittlere Magendurchmesser nahmen zwischen dem 44. und dem 204. Tag der Gravidität linear zu. Damit bestätigt das Ergebnis der eigenen Arbeit die Erkenntnisse der Studien von KÄHN und LEIDL (1987) und KÄHN (1989), die ebenfalls ein lineares Wachstum für den größten Durchmesser des Magens sowohl bei Pferde- als auch bei Rinderfeten fanden.

Die Korrelation des Längsdurchmessers des Magens zum Tag der Trächtigkeit während des untersuchten Zeitraumes entsprach mit $r_{(d44-d204)} = 0,954$ der des mittleren Magendurchmessers mit $r_{(d44-d204)} = 0,953$. Mit fortschreitender Gravidität bestanden bei beiden Parametern jedoch sehr starke Abweichungen von der Regressionsgeraden. Eine humanmedizinische Studie hat gezeigt, dass Messungen der Magengröße nicht reproduzierbar sind. Aufgrund der unterschiedlich starken Füllung des Magens führten Messungen im Abstand von 20 Minuten nicht zum gleichen Ergebnis (ZIMMER et al. 1992). Somit kann nicht empfohlen werden, den Parameter Magendurchmesser zur Altersbestimmung von Feten zu verwenden.

7.12 Die Vermessung der Vena cava caudalis

Die Bestimmung des Lumendurchmessers der Vena cava caudalis fand in der vorliegenden Arbeit zwischen dem 90. und 204. Tag p. ov. statt. Erkennbar an ihrer dünnen, echogenen Wand und an ihrem Verlauf durch das Gewebe der Leber hindurch und am Magen vorbei, war ihre Vermessung relativ unproblematisch durchzuführen. Zu späteren Zeitpunkten wurde sie jedoch durch die Schallschattenbildung der Rippen und den größer werdenden Abstand zur Ultraschallsonde erschwert bzw. verhindert.

Studien an Großpferden und Trabern ergaben für den Innendurchmesser der Vena cava caudalis um den 110. Tag p. ov. eine Größe von 4-5 mm, um den 130. Tag p. ov. von 5-6 mm und um den 150. Tag p. ov. von 8-9 mm (KÄHN und LEIDL 1987). Bei einem Vergleich mit den Ergebnissen der eigenen Arbeit stellte man fest, dass die Werte mit $4,5 \pm 0,6$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 7$) am 111. Tag p. ov. und $6,2 \pm 0,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 9$) am 132. Tag p. ov. zunächst übereinstimmten und mit $7,6 \pm 0,8$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 5$) am 152. Tag p. ov. geringfügig unterhalb derjenigen aus der Literatur lagen. Dieser Unterschied könnte möglicherweise durch die geringere Größe der untersuchten Rasse bedingt sein. Da nach Untersuchungen von GINTHER (1979) die Wachstumsgeschwindigkeit von Ponies und Großpferden jedoch bereits ab dem 100. Tag der Trächtigkeit divergiert, wäre der Unterschied des Lumendurchmessers schon früher zu erwarten gewesen.

In der vorliegenden Studie zeigte der Lumendurchmesser der Vena cava caudalis zwischen dem 90. und 204. Tag p. ov. ein lineares Wachstum mit einer sehr engen Korrelation zum Tag der Gravidität ($r_{(d90-d204)} = 0,972$). Des Weiteren lag eine geringe Streuung der Ergebnisse um die Regressionsgerade vor. Der Lumendurchmesser der Vena cava caudalis kann folglich während des untersuchten Zeitraumes als ein geeignetes Kriterium für die Altersbestimmung der Feten von Islandpferdestuten bezeichnet werden.

7.13 Die Vermessung der Aorta

Der Zeitraum, in dem die Aorta vermessen werden konnte, ähnelte bereits aufgrund der benachbarten Lokalisation demjenigen der Vena cava caudalis und lag zwischen dem 90. und dem 228. Tag der Gravidität. Spätere Messungen waren aus den gleichen Gründen, wie bereits für die Vena cava caudalis aufgeführt, nicht möglich. Ihre Vermessung erfolgte immer während der Systole, um den größtmöglichen Durchmesser zu erfassen. Bei dieser Vorgehensweise war der

Filmspeicher des verwendeten Ultraschallgerätes von größter Hilfe. Mit dem Trackball konnte so die Einstellung mit dem größten Durchmesser im Filmspeicher aufgesucht werden.

Der Aortendurchmesser zeigte in der vorliegenden Studie zwischen dem 90. und dem 228. Tag der Gravidität eine lineare Zunahme. Desgleichen fanden auch PANTALEON et al. (2003) in ihrer Studie an Großpferden zwischen dem 130. Tag der Gravidität und der Geburt einen linearen Zusammenhang zum Trächtigkeitstag, wobei der Aortendurchmesser auf transabdominalem Wege bestimmt wurde.

Verglichen mit dem Durchmesser, der für die einzelnen Tage aus der Grafik der Studie von PANTALEON et al. (2003) abzuleiten war, erschienen die Werte aus der eigenen Studie geringfügig kleiner. Beispielsweise war für den 150. Tag der Trächtigkeit bei PANTALEON et al. (2003) ein Durchmesser von etwa 7 mm abzulesen, wohingegen die eigene Studie am 152. Tag p. ov. einen Mittelwert von $6,1 \pm 0,2$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 3$) ergab. Um den 180. Tag p. ov. fanden die Autoren PANTALEON et al. (2003) einen Durchmesser von etwa 10 mm, in der eigenen Studie lag der Mittelwert wiederum bei $7,6 \pm 0,3$ mm ($\bar{x} \pm s$; $n = 3$). Diese Unterschiede könnten durchaus in der unterschiedlichen Rasse der Feten begründet sein. In der Literatur wurde darauf hingewiesen, dass die Wachstumsgeschwindigkeit von Ponies und Großpferden ab dem 100. Tag der Gravidität divergiert (GINTHER 1979).

Zwischen dem Lumendurchmesser der Aorta und dem Tag der Trächtigkeit bestand in der eigenen Arbeit eine sehr hohe Korrelation ($r_{(d90-d228)} = 0,977$). Ferner waren die Einzelwerte nur wenig gestreut, so dass sich dieser Parameter zwischen dem 90. und 228. Tag der Trächtigkeit für die Bestimmung des Alters der Feten von Islandpferdestuten zu eignen scheint.

7.14 Die Vermessung des Urachus

Der Urachus konnte zwischen dem 62. und dem 152. Tag der Gravidität vermessen werden. Zu späteren Zeitpunkten lagen nur noch die kranialen Bereiche des Abdomens innerhalb der Reichweite des Ultraschallgerätes, das Becken und somit auch der Urachus befanden sich für die Untersuchung bereits zu weit entfernt.

Der mittlere Durchmesser des Urachus zeigte zwischen dem 62. und dem 152. Tag der Trächtigkeit ein lineares Wachstum mit einer vergleichsweise geringen Korrelation zum Tag der

Trächtigkeit ($r_{(d62-d152)} = 0,671$). Es bestanden sehr hohe Abweichungen der Einzelwerte von der Regressionsgeraden, so dass dieser Parameter nicht als geeignet für die Fetometrie von Islandpferdefeten bezeichnet werden kann. Diese Größenveränderungen könnten durch die bereits im Fetalstadium auftretende Füllung und Entleerung der Harnblase und des Urachus bedingt sein.

7.15 Die Vermessung der Wirbelkörper

Bei der Vermessung der Wirbelkörper und ihrer Zwischenräume wurde ebenso vorgegangen wie bereits für die Halswirbel und die Rippen beschrieben. Auch hier erwartete man durch die Messung dreier Wirbel eine Erhöhung der Genauigkeit, wenn auch im Thorakal- und Lumbalbereich geringere Größenunterschiede zwischen den einzelnen Wirbeln bestanden als im Halsbereich.

Die Messungen erfolgten maßgeblich im Lendenbereich, soweit dieser erreicht werden konnte. Sie waren zwischen dem 54. und dem 228. Tag der Trächtigkeit möglich. Vor dem 86. Tag p. ov. war die Wirbelsäule zwar bereits als stark echogene Struktur auf dem Ultraschallbild erkennbar, der Fetus im Verhältnis zur Fruchtwassermenge jedoch sehr klein und sehr weit kranio-ventral gelegen; eine Messung von drei einzelnen Wirbeln war zu diesem Zeitpunkt aufgrund der begrenzten Auflösung nur eingeschränkt möglich.

Ebenso wie das Wachstum der Halswirbelsäule und der Rippen verlief auch die Größenzunahme eines Wirbelkörpers und seines Zwischenraumes im Thorakal- und Lumbalbereich im untersuchten Zeitraum linear. In der Literatur wurde das Wachstum der Wirbelkörper und ihrer Zwischenräume bei Rinderfeten ebenfalls als linear beschrieben (KÄHN 1989).

Die Korrelation zum Tag der Trächtigkeit war zwischen dem 54. und 228. Tag p. ov. sehr eng ($r_{(d54-d228)} = 0,982$) und die Ergebnisse der einzelnen Messungen sehr wenig gestreut, so dass die Wirbelkörper des Thorakal- und Lumbalbereiches, ebenso wie die Halswirbel, geeignet für die Altersbestimmung der Feten erscheinen.

7.16 Die Vermessung der langen Röhrenknochen

Bei der Vermessung der langen Röhrenknochen wurde jeweils die Länge der verknöcherten Anteile der Diaphysen ermittelt, die sich durch ihren stark hyperechogenen Charakter ultrasonographisch deutlich darstellen ließen.

7.16.1 Der Metakarpus

Zwischen dem 104. und 216. Tag p. ov. war in der vorliegenden Arbeit die Vermessung des verknöcherten Anteils des Metakarpus grundsätzlich möglich, jedoch fanden die meisten Messungen zwischen dem 152. und 192. Tag p. ov. statt. Die Diaphysen der Metakarpalknochen konnten zwar meist identifiziert werden, jedoch verhinderten in der frühen Trächtigkeit häufig schnelle Fetalbewegungen eine Messung. Nach dem 182. Tag der Gravidität erschwerte sich die Durchführung der Messungen erneut, da die Länge der Diaphyse die Breite bzw. Höhe des Monitors zu überschreiten begann. Letztendlich war der Metakarpus von den langen Röhrenknochen der Vordergliedmaße jedoch derjenige, der am einfachsten erreicht und vermessen werden konnte, wie auch KÄHN (1989) bereits anhand der Ergebnisse aus einer Studie an Rinderfeten feststellte.

Die Länge des Metakarpus zeigte zwischen dem 104. und 216. Tag der Trächtigkeit ein lineares Wachstum. Die Ergebnisse der radiographischen Fetometrie aus der Studie von GUFFY et al. (1970) zeigten hingegen einen Anstieg der Wachstumsgeschwindigkeit zwischen dem 150. und 180. Tag p. ov. Auch bei Rindern nahm die Länge des Metakarpus mit fortschreitender Gravidität schneller zu als zu Beginn (KÄHN 1989).

Die Korrelation zwischen der Länge des Metakarpus und dem Tag der Trächtigkeit war in der eigenen Studie hoch ($r_{(d104-d216)} = 0,956$). Die Abweichungen der Einzelwerte war gering, so dass dieser Parameter während des untersuchten Zeitraumes als geeignet für die Altersbestimmung von Islandpferdefeten bezeichnet werden kann.

7.16.2 Der Metatarsus

Die Vermessung des verknöcherten Anteils des Metatarsus gelang im Gegensatz zu der des Metakarpus in der vorliegenden Arbeit nur sehr sporadisch. Das lässt sich darauf zurückführen, dass in der Frühträchtigkeit, ebenso wie bei der Messung des Metakarpus beschrieben, schnelle Fetalbewegungen die Vermessung erheblich erschwerten. In der fortgeschrittenen Trächtigkeit hingegen lag der Metatarsus, bedingt durch die überwiegend auftretende Vorderendlage des Fetus, meist außerhalb der Reichweite der Ultraschallsonde.

Aus den erfolgten Messungen könnte ein linearer Zusammenhang zwischen dem Wachstum des Metatarsus und dem Alter des Fetus vermutet werden. Da eine Aussage über die Korrelation

aufgrund der geringen Anzahl verwertbarer Messergebnisse zufallsbedingt beeinflusst sein könnte, wurde hierauf verzichtet. Da sich die Zunahme der Länge des Metakarpus jedoch ebenfalls linear verhielt, ist anzunehmen, dass auch für die Länge des Metatarsus ein lineares Wachstum bestand.

Aus den Erfahrungen der eigenen Studie lässt sich zusammenfassen, dass der Metatarsus keinen geeigneten Parameter für die sonographische Altersbestimmung beim Islandpferdefetus auf transrektalem Wege darstellt. Seine Vermessung wäre zwar, wenn man ausschließlich diese Struktur hätte vermessen wollen bzw. wenn man nicht durch möglichst kurze Untersuchungszeiten auf die Stuten in besonderer Weise Rücksicht genommen hätte, sicherlich häufiger möglich gewesen. In Anbetracht der Tatsache, dass die Häufigkeit einer Vorderendlage ab dem fünften Monat zunimmt (GINTHER und GRIFFIN 1993), ist jedoch nicht davon auszugehen, dass regelmäßige Messungen möglich sind. Andererseits ist es durchaus sehr wahrscheinlich, dass sich der Metatarsus bei der transkutanen Ultraschalluntersuchung sehr wohl als geeignet für die Fetometrie des Islandpferdefetus herausstellt, da der gut vergleichbare Metakarpus in der vorliegenden Studie ja bereits eine hohe Korrelation zum Trächtigkeitstag erkennen ließ.

7.16.3 Radius und Ulna

Die verknöcherten Anteile der Diaphysen von Radius und Ulna wurden in der vorliegenden Arbeit als Einheit vermessen. Wie bereits KÄHN (1989) in seiner Studie an Rinderfeten feststellte, konnte man diese beiden Knochen sonographisch nicht immer eindeutig voneinander trennen. Messungen von Radius und Ulna waren zwischen dem 104. und dem 204. Tag p. ov. möglich, die meisten Messungen erfolgten jedoch, entsprechend der Vermessung des Metakarpus, in dem vergleichsweise kurzen Zeitraum zwischen dem 152. und dem 192. Tag p. ov. Sicherlich hätten, ebenso wie bei der Vermessung des Metatarsus, bei länger andauernden Untersuchungen häufigere Messungen stattfinden können. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass Radius und Ulna, aufgrund ihrer größeren Länge verglichen mit dem Metakarpus oder dem Metatarsus, nur über einen kürzeren Zeitraum auf dem Monitor des Ultraschallgerätes abgebildet und vermessen werden konnten.

Das Wachstum von Radius und Ulna verlief zwischen dem 104. und 204. Tag der Gravidität in der vorliegenden Studie linear. KÄHN (1989) fand hingegen in seinen Messungen bei Rindern ein exponentielles Wachstum dieser Knochen.

Weiterhin zeigte das Wachstum von Radius und Ulna in dem untersuchten Zeitraum eine sehr enge Korrelation zum Zeitpunkt der Trächtigkeit ($r_{(d104-d204)} = 0,972$) mit einer geringen Streuung der Ergebnisse. Radius und Ulna können daher während des sechsten und siebten Monats als gut geeignet für die Altersbestimmung von Islandpferdefeten bezeichnet werden. Dennoch schien der Metakarpus, aufgrund seines geringeren Ausmaßes, im Bereich der Vordergliedmaße der für die Fetometrie geeignetere Knochen zu sein.

7.16.4 Die Vermessung weiterer langer Röhrenknochen

Neben den bereits diskutierten langen Röhrenknochen bestand noch die Möglichkeit, die Tibia mit der Fibula sowie den Femur zu vermessen. Aus den gleichen Gründen, wie sie bereits für den Metatarsus beschrieben wurden, fand nur eine einzige Vermessung der Tibia und keine Vermessung des Femurknochens statt. Transrektale Messungen bei Rindern zeigen jedoch, dass sich auch diese beiden langen Röhrenknochen durchaus für die Altersbestimmung von Feten eignen (KÄHN 1989). Ebenso wird in der Humanmedizin die Messung der Länge der Femurdiaphyse als zuverlässiger Parameter für die Altersbestimmung des Fetus eingesetzt (HONARVAR et al. 2000). Bei der transrektalen Untersuchung wird aber beim Pferdefetus der Femur immer nur eine begrenzte Zeit erreichbar sein, da ab dem fünften Monat die Feten vorwiegend in Vorderendlage liegen (GINTHER und GRIFFIN 1993) und die Hintergliedmaßen aufgrund der Entfernung dann über diesen Untersuchungsweg nicht mehr erreichbar sind.

7.17 Die Vermessung des Darmbeins (Os ilium)

Das Darmbein konnte zwischen dem 62. und dem 152. Tag der Gravidität vermessen werden. Das Auffinden der verknöcherten Anteile der Diaphysen der Beckenknochen stellte aufgrund ihres sehr charakteristischen, gekrümmten Aussehens keine besondere Schwierigkeit dar. Nach dem fünften Monat ließ sich der Beckenbereich jedoch sonographisch aufgrund der Größe des Fetus und der meist eingenommenen Vorderendlage nicht mehr erreichen.

Das Darmbein zeigte in der vorliegenden Arbeit während des untersuchten Zeitraumes ein lineares Wachstum. Die Korrelation zum Tag der Trächtigkeit war hoch ($r_{(d62-d152)} = 0,946$). Die Streuung der Ergebnisse war gering, wobei die beiden stark von der Regressionsgeraden abweichenden Messungen am 111. und 118. Tag p. ov. eher als Ausreißerwerte angesehen werden müssten. Die Schwierigkeit bei der Vermessung der Beckenknochen lag vermutlich in der präzisen Darstellung der größten Diaphysenlänge.

Infolge der hohen Korrelation und der geringen Streuung kann das Darmbein als geeigneter Parameter für die Altersschätzung der Islandpferdefeten beurteilt werden, wenn auch der Zeitraum für eine Vermessung auf den dritten bis fünften Monat begrenzt ist. In der Literatur liegen bei Pferden bisher keine vergleichbaren Erkenntnisse über das Wachstum der Beckenknochen vor.

7.18 Die Vermessung des Sitzbeins (Os ischii)

Die Vermessung des Sitzbeins gelang schon aufgrund der benachbarten Lage in der gleichen Zeitspanne wie die des Darmbeins, nämlich zwischen dem 66. und dem 152. Tag p. ov. Bedingt durch seine geringere Größe erfolgte die Messung jedoch weniger häufig als die des Darmbeins.

Ebenso wie das Darmbein besaß auch das Sitzbein zwischen dem 66. und dem 152. Tag der Trächtigkeit ein lineares Wachstum. Die Korrelation zum Tag der Gravidität war für beide Knochen identisch ($r_{(d66-d152)} = 0,946$) und die Streuung der gemessenen Einzelwerte des Sitzbeins ebenfalls gering. Für die Fetometrie während des dritten bis fünften Monats scheint sich das Sitzbein somit gleichermaßen gut zu eignen wie das Darmbein.

7.19 Die Messung der Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP)

Die CTUP (= Combined Thickness of Uterus and Placenta) wurde gemessen zwischen dem 252. und dem 322. Tag der Gravidität. Messungen zu früheren Zeitpunkten wurden nicht durchgeführt, da sich die Plazentadiecke zwischen dem vierten und achten Monat nicht verändert, während zwischen dem zehnten und zwölften Monat eine signifikante Zunahme stattfindet (RENAUDIN et al. 1997).

Die CTUP ließ zwar in der eigenen Studie zwischen dem 252. und 322. Tag der Trächtigkeit ein lineares Wachstum erkennen, die Korrelation zum Tag der Trächtigkeit war jedoch nur sehr gering ($r_{(d252-d322)} = 0,496$). Größtenteils lagen sehr große Abweichungen von der Regressionsge-

raden vor. Folglich lassen die vorliegenden Ergebnisse übereinstimmend mit denen der Autoren ADAMS-BRENDEMUEHL und PIPERS (1987) den Schluss zu, dass sich die CTUP nicht für die Altersbestimmung des Fetus eignet.

7.20 Die Geschlechtsbestimmung

In der vorliegenden Arbeit wurden alle Feten mehrmalig hinsichtlich ihres Geschlechtes untersucht. Dabei wurden sämtliche Untersuchungssituationen, die für eine Geschlechtsbestimmung geeignet waren, genutzt.

Erstmals erfolgte in der eigenen Studie eine Geschlechtsbestimmung am 58. Tag p. ov., wobei ihre Durchführung in der Literatur erst etwa ab dem 60. Tag p. ov. empfohlen wird (CURRAN und GINTHER 1989; CURRAN 1992b; HOLDER 2000; MERKT und DE ANDRADE MOURA 2000). Die meisten Untersuchungen fanden zwischen dem 62. und dem 142. Tag p. ov. statt, die letzte Geschlechtsbestimmung gelang bei einem Fetus noch am 172. Tag p. ov. Im Gegensatz zu CURRAN und GINTHER (1993), die auch im siebten bis elften Monat noch in Einzelfällen bei Feten in Hinterendlage eine Geschlechtsbestimmung durchführten, war dies in der vorliegenden Studie nicht möglich. Der optimale Untersuchungszeitpunkt für die Geschlechtsbestimmung wurde in der eigenen Arbeit nicht ermittelt.

In der eigenen Studie konnte das Geschlecht bei zehn der zwölf Feten (83%) anhand der Lokalisation des Genitaltuberkels bzw. durch die Identifizierung des Penis respektive der Mamma korrekt bestimmt werden. Bei 17% der Feten (2/12) konnte das fetale Geschlecht nicht korrekt bestimmt werden. Die Geschlechtsbestimmung dieser beiden Feten gelang letztmalig am 90. Trächtigkeitstag und somit im Gegensatz zu den anderen Feten nur bis zu einem deutlich früheren Zeitpunkt. Dieses Ergebnis zeigte einerseits, dass für die Durchführung der Geschlechtsbestimmung ein Lernprozess notwendig war. Andererseits schien die Geschlechtsdiagnose in späteren Stadien der Trächtigkeit eine höhere Genauigkeit zu haben, wenn auch ihre Durchführung nur in selteneren Fällen möglich war.

In der Literatur existieren unterschiedliche Auffassungen darüber, ob männliche oder weibliche Feten leichter auszumachen sind (CURRAN und GINTHER 1989; MERKT et al. 1999). In der eigenen Studie handelte es sich bei den beiden nicht korrekt bestimmten Feten um Hengste, die anhand der Lage ihres Genitalhöckers versehentlich für Stuten gehalten wurden. Somit wurden

ebenso wie in der Studie von CURRAN und GINTHER (1989) die Stuten ausnahmslos korrekt erkannt. Der persönliche Eindruck bei der eindeutigen Bestimmung des fetalen Geschlechts bekräftigt jedoch eher die These von MERKT et al. (1999), dass männliche Feten leichter zu erkennen sind als weibliche.

Durch das Erstellen von Videoaufnahmen während der Untersuchung des Fetus ließe sich, nach Auffassung einiger Autoren, neben einer Schonung der Probanden die diagnostische Aussage verbessern, da durch fetale Bewegungen der Bereich des Genitaltuberkels häufig nur kurzzeitig betrachtet werden konnte (MERKT et al. 1999). Nach eigener Erfahrung konnte jedoch schnell eine Untersuchungsroutine erlangt werden, die eine relativ zügige und sichere Diagnose ermöglichte. Als hilfreich stellte sich heraus, ein festes Untersuchungsschema zu entwickeln. RENAUDIN (2000) empfiehlt, den Fetus im Querschnitt von kranial nach kaudal „abzufahren“, um zunächst eine Orientierung zu erhalten, wobei man am Kopf beginnt und über den Thorax mit dem schlagenden Herzen zum Abdomen gelangt. Unmittelbar kaudal der Insertionsstelle der Nabelschnur befindet sich zwischen den Hinterbeinen das männliche Genitaltuberkel. Fehlt dieses, so wird die Ultraschallsonde weiter in Richtung Schwanz bewegt. Nahe der Schwanzunterseite findet man schließlich das weibliche Genitaltuberkel.

Im Sagittalschnitt konnte der Abstand des Genitaltuberkels zur Nabelschnur bzw. zum Anus bestimmt werden (CURRAN und GINTHER 1989). Im Hinblick auf eine sichere Identifizierung des Genitaltuberkels kann nach den Erfahrungen der eigenen Untersuchungen den Autoren zugestimmt werden, dass der Querschnitt hierfür besser geeignet war als der Sagittalschnitt.

Die Geschlechtsdiagnose stellt für einen geübten Untersucher eine gute Ergänzung zu der Untersuchung des Fetus dar. Vermutlich werden Geschlechtsbestimmungen von Züchtern in Zukunft häufiger verlangt werden als bisher.

7.21 Die Erreichbarkeit des Fetus

In anderen Studien lag bei einem Viertel aller untersuchten Stuten der Fetus außerhalb der Reichweite der Ultraschallsonde (KÄHN und LEIDL 1987). Mithilfe des Ultraschallgerätes der Serie „Aquila“ der Firma Pie Medical, Maastricht, Niederlande und den verwendeten Sonden, einem 6,5-8,0 MHz-Linearschallkopf und einem 5,0-7,5 MHz-Konvexschallkopf, konnte eine deutliche Verbesserung des Ergebnisses erreicht werden. Bei allen Untersuchungen ab dem

zweiten Monat (100%; 498/498) konnten Messungen der Feten durchgeführt werden. Die häufigsten Probleme traten bei KÄHN und LEIDL (1987) während des dritten und vierten Trächtigkeitsmonats auf, da während dieser Zeit die Früchte im Verhältnis zu der Fruchtwassermenge noch relativ klein waren und durch die kranio-ventrale Ausdehnung der Gebärmutter sehr weit entfernt von der Ultraschallsonde lagen. Diese Schwierigkeit konnte durch die kranio-ventrale Richtung der Schallwellen der Konvexsonde beherrscht werden. Alle Körperregionen des Fetus waren während dieses Zeitraumes in über 90% der Untersuchungen ultrasonographisch erreichbar.

Ebenso wie in der Studie von KÄHN und LEIDL (1987) war die Vermessung der Strukturen des Kopfes mit der größten Zuverlässigkeit möglich. Die Autoren KÄHN und LEIDL (1987) konnten in 63% der Untersuchungen den Kopf vermessen, in der eigenen Arbeit konnte der Kopf ab dem zweiten Trächtigkeitsmonat insgesamt in 97% aller Untersuchungen (481/498) dargestellt werden. Lediglich im fünften Monat konnte der Kopf in nur 71% der Untersuchungen erreicht werden, in allen anderen Monaten war seine Vermessung in über 90% der Untersuchungen möglich. In der Studie von GINTHER und GRIFFIN (1993) war die Wahrscheinlichkeit einer Vorder- bzw. Hinterendlage zwischen dem zweiten und fünften Monat ausgeglichen; nach dem fünften Monat nahm die Beweglichkeit des Fetus ab und die Häufigkeit einer Vorderendlage nahm zu, so dass schließlich zwischen dem neunten und elften Monat bis auf einige wenige Ausnahmen keine Feten in Hinterendlage gefunden werden konnten. Diese Feststellung begründet das oben genannte Ergebnis im fünften Monat, da der Fetus zu dieser Zeit eine Größe erreicht hat, die eine Untersuchung der Strukturen des Kopfes bei Feten in Hinterendlage, im Gegensatz zu den Monaten zuvor nicht möglich machte.

Die Strukturen im Halsbereich waren für eine Messung bis zum achten Monat regelmäßig zugänglich. Mit zunehmender Größe des Fetus wurde der Platz für den Arm des Untersuchers im maternalen Becken jedoch geringer, so dass im neunten Monat die Vermessung noch in 29% der Fälle stattfinden konnte, danach jedoch nur bei einzelnen wenigen Untersuchungen. Insgesamt konnte in 73% aller Untersuchungen (363/498) der Hals erreicht werden. Der Hals wurde in der Arbeit von KÄHN und LEIDL (1987) nicht gesondert aufgeführt, so dass hierzu keine Vergleichsmöglichkeit mit Literaturbefunden bestand.

Im Vergleich zu der Studie von KÄHN und LEIDL (1987), die den Thorax in 29,6% der Untersuchungen erreichten, konnte in der eigenen Arbeit eine deutliche Verbesserung dieses Ergebnisses erzielt werden. Der Thorax lag in 80% der durchgeführten Untersuchungen (396/498) innerhalb der Reichweite der Ultraschallsonde, wobei der Zeitraum, in dem die Untersuchungen möglich waren, in beiden Studien identisch war; bis zum neunten Monat fanden Untersuchungen statt, im zehnten und elften Monat waren sie nicht mehr möglich.

Die sonographische Vermessung des Abdomens fand in der eigenen Studie in 74% der Untersuchungen (370/498) statt. Auch hier zeigte sich eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Ergebnis der Studie von KÄHN und LEIDL (1987), die das Abdomen in 17,9% der Fälle erreichen konnten. Der Zeitraum, in dem die Untersuchungen stattfanden, war bei den beiden Studien ähnlich. In der eigenen Arbeit fanden im achten Monat noch einzelne Untersuchungen statt, wohingegen in der Studie von KÄHN und LEIDL (1987) im achten Monat keine Messungen mehr durchgeführt werden konnten.

Die Extremitäten wurden in der vorliegenden Arbeit sehr regelmäßig erreicht, und zwar in 90% aller Untersuchungen (448/498). Lediglich im sechsten bis achten Monat lag die Erreichbarkeit etwas niedriger. Während dieser Monate lagen die Feten gelegentlich in Querlage, so dass in diesen Fällen die sonographische Untersuchung der Extremitäten nicht möglich war. Gegen Ende der Gravidität konnten die Vorderextremitäten zwar problemlos durch die Ultraschallwellen erreicht werden, ihre Länge überschritt jedoch die Breite bzw. Länge des Monitors, so dass sie nicht vollständig abgebildet und vermessen werden konnten. Die Erreichbarkeit der Extremitäten wurde in der Studie von KÄHN und LEIDL (1987) nicht analysiert, so dass kein Vergleich mit den eigenen Ergebnissen möglich war.

Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass die Verwendung einer Konvexsonde zusätzlich zu der üblicherweise in der Stutengynäkologie verwendeten Linearsonde die fetometrische Untersuchung erleichtert und eine regelmäßige Erfassung kranio-ventral liegender Anteile des Fetus ermöglicht.

7.22 Die sonographische Fetometrie in Abhängigkeit vom Untersuchungszeitpunkt

Die im Falle einer fetometrischen Untersuchung zum Zweck der Altersbestimmung gemessenen Parameter sind in der Praxis sowohl von der jeweiligen Position des Fetus zur Ultraschallsonde

(Lage, Stellung, Haltung) als auch vom Alter des Fetus und der Geduld der Mutterstute abhängig. Es ist daher nicht möglich, zu jedem Zeitpunkt alle gewünschten Strukturen zu erreichen und zu vermessen.

Für die transrektale Fetometrie während der einzelnen Zeiträume der Gravidität kamen besonders die im Folgenden aufgeführten Strukturen infrage (Abb. 54). Während des zweiten Monats erwiesen sich vor allem die Scheitel-Steiß-Länge (SSL), das Auge, der Rumpfquerschnitt und das Herz als geeignete Parameter für die Fetometrie. Während des dritten bis fünften Monats konnte zunächst noch die SSL, aber vor allem die Schädelhöhle und das Auge, die Halswirbel, die Rippen und die Thorakal- und Lumbalwirbel, der Rumpfquerschnitt, das Herz, das Darmbein und das Sitzbein sowie die Lumendurchmesser von Vena cava caudalis und Aorta vermessen werden. Im sechsten und siebten Monat eignete sich für die Fetometrie wiederum besonders das Auge, außerdem die Trachea, die Halswirbel und anfangs noch die Thorakal- und Lumbalwirbel, die Rippen sowie der Metakarpus und Radius und Ulna. Ab dem achten Monat war nur noch die regelmäßige Vermessung des Auges und vereinzelt der Trachea möglich.

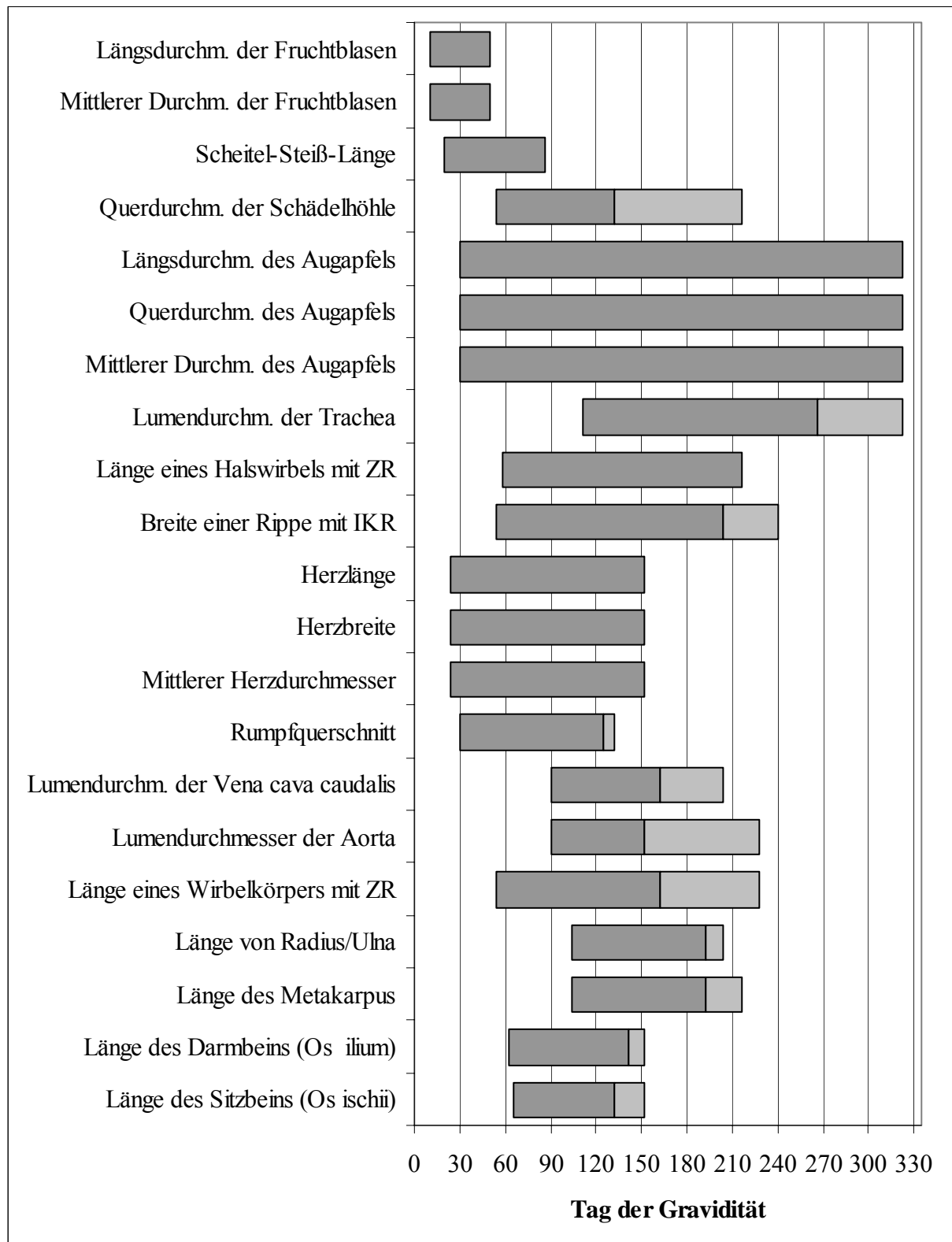


Abb. 54: Die Zeitfenster für die ultrasonographische Vermessung ausgewählter fetalen Strukturen während der Trächtigkeit bei Islandpferdestuten.
(dunkle Balken: fetale Struktur regelmäßig messbar, helle Balken: fetale Struktur nur vereinzelt messbar)

Es wurde diskutiert, ob für eine möglichst akkurate Bestimmung des fetalen Alters Kombinationsmessungen aus mehreren Parametern sinnvoll sind. Einerseits wurde sowohl in der veterinärmedizinischen als auch in der humanmedizinischen Literatur die Kombination mehrerer gemessener Parameter empfohlen (KÄHN und LEIDL 1987; DEGANI 2001; GREENWOOD et al. 2002). Andererseits rieten eine Reihe von Autoren wiederum davon ab, da die genannten Kombinationsmessungen nur in Fällen von ungestörtem Fetalwachstum zielführende Ergebnisse lieferten (HONARVAR et al. 2000) bzw. zu keiner Verbesserung der Altersschätzung führten (CHAVEZ MORENO et al. 1996).

Das Gestationsalter kann bei Frauen umso genauer geschätzt werden, je früher der Zeitpunkt für die Untersuchung gewählt wird, da in der Spätschwangerschaft die einzelnen Parameter eine zunehmende biologische Variabilität besitzen (MERZ 2002). Desgleichen lag auch bei den in der vorliegenden Studie gemessenen Parametern bei fortschreitender Gravidität meist eine stärkere Streuung der Einzelwerte vor. Einzig die Messung des Auges lieferte auch in der Spätgravidität sehr stark übereinstimmende Ergebnisse bei allen Feten. Da sich die Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit ab dem achten Monat maßgeblich auf die Vermessung des Auges beschränkten, kann auch in der Spätgravidität von präzisen fetometrischen Ergebnissen ausgegangen werden.

7.23 Schlussfolgerung

Wie die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, ist die sonographische Fetometrie ein nicht-invasives Untersuchungsverfahren, das zu jedem Zeitpunkt der Gravidität anwendbar ist. Mit Ausnahme des Auges, das während der gesamten Trächtigkeit gut aufzufinden war, waren die einzelnen Organe allein über den transrektalen Weg nicht während der gesamten Trächtigkeit erreichbar. Jedoch war es grundsätzlich zu jeder Zeit möglich, ein oder mehrere Organe mit dieser Methode darzustellen und zu vermessen. So war neben der Messung des Auges in der frühen Trächtigkeit (zweiter und dritter Monat) insbesondere die Messung der Fruchtblase, der Scheitel-Steiß-Länge (SSL), des Rumpfquerschnittes und des Herzens von Bedeutung. Im mittleren Trächtigkeitsstadium (vierter bis siebter Monat) eigneten sich überwiegend der Schädel und das Auge, der Rumpfquerschnitt, das Herz, die Wirbelkörper der Hals-, Thorakal- und Lumbalwirbel, die Rippen, die langen Röhrenknochen der Vordergliedmaßen, das Darmbein und das Sitzbein sowie die Durchmesser der großen Bauchgefäße Vena cava caudalis und Aorta

für die fetometrische Untersuchung. Gegen Ende der Trächtigkeit kam neben dem Auge nur gelegentlich die Trachea für eine Vermessung infrage.

Als die insgesamt zuverlässigsten Parameter für die Altersbestimmung des Fetus mit den höchsten Korrelationskoeffizienten ($r \geq 0,970$) und den geringsten Schwankungsbreiten stellten sich während spezifischer Zeitspannen der mittlere Durchmesser der Fruchtblasen, die SSL, das Auge, der Querdurchmesser der Schädelhöhle, die Länge der Hals-, Brust und Lendenwirbel, der Lumendurchmesser der Trachea, der Rumpfquerschnitt, die Breite der Rippen, das Herz, der Lumendurchmesser der Aorta und der Vena cava caudalis sowie die Länge von Radius und Ulna heraus. Als wenig geeignet für die Altersbestimmung des Fetus erwiesen sich die Messung von Magen, Urachus, Herzfrequenz und Plazentadiecke. Selten darzustellen und somit nur als gelegentliche Einzelbefunde zu werten waren die langen Röhrenknochen der Hintergliedmaßen, die somit für die transrektale Fetometrie eine weniger große Rolle spielten.

Die Verwendung einer Konvexsonde ermöglichte durch die kranio-ventrale Richtung ihrer Schallwellen eine wesentliche Verbesserung der Erreichbarkeit von verschiedenen Strukturen des Fetus gegenüber früheren Studien, in denen lediglich Linearsonden eingesetzt wurden (KÄHN und LEIDL 1987).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen bei den meisten Parametern nennenswerte Abweichungen zu den in der Literatur vorliegenden Daten aus Messungen bei Großpferden (KÄHN und LEIDL 1987; GINTHER 1995; PANTALEON et al. 2003). Daher kann nicht empfohlen werden, diese bestehenden Werte auf Islandpferde zu übertragen, beispielsweise bei der Verwendung der Software, die in einigen Ultraschallgeräten programmiert ist.

Die Geschlechtsbestimmung erfolgte überwiegend zwischen dem 62. und dem 142. Tag der Gravidität. Bei 83% der Feten (10/12) konnte die Geschlechtsdiagnose korrekt durchgeführt werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass für die Durchführung der Geschlechtsbestimmung ein Lernprozess notwendig war. Durch die anfänglich fehlende Erfahrung konnte es zu Fehldiagnosen kommen. Später jedoch konnte die Bestimmung des fetalen Geschlechts sehr sicher erfolgen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

ADAMS-BRENDEMUEHL, C. (1990): Fetal assessment. In: Equine Clinical Neonatology. Eds. A.M. Koterba, W.H. Drummond and P.C. Kosch. Lea & Febiger, Malvern, PA, USA, 16-33.

ADAMS-BRENDEMUEHL, C.S. and F.S. PIPERS (1987): Antepartum evaluations of the equine fetus. J. Reprod. Fertil. Suppl. 35, 565-573.

ALLEN, W.E. and P.J. GODDARD (1984): Serial investigations of early pregnancy in pony mares using real time ultrasound scanning. Equine Vet. J. 16, 509-514.

ALLEN, W.E. and J.R. NEWCOMBE (1981): Relationship between early pregnancy site in consecutive gestations in mares. Equine Vet. J. 13, 51-52.

BAHLMANN, F. und E. MERZ (2002): Transvaginale Biometrie und Gestationsaltersschätzung im I. Trimenon. In: Sonographische Diagnostik in Gynäkologie und Geburtshilfe: Lehrbuch und Atlas. Bd. 2: Geburtshilfe, 2. Aufl., Ed. E. Merz. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 26-31.

BARR, F. (1992): Grundlagen des diagnostischen Ultraschalls. In: Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. Ed. F. Barr. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York, 1-10.

BECK, C.A., C.J. BALDWIN and W.T.K. BOSU (1990): Ultrasound prediction of parturition in queens. Radiology 31, 32-35.

BERGFELD, D.R., G.P. ADAMS and R.A. PIERSON (1998): Pregnancy. In: Equine Diagnostic Ultrasonography. Eds. N.W. Rantanen and A.O. McKinnon. Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, USA, 125-140.

BERGIN, W.C., H.T. GIER, R.A. FREY and G.B. MARION (1967): Developmental horizons and measurements useful for age determination of equine embryos and foetuses. Proc. 13th Ann. Conv. Am. Ass. equine Pract., New Orleans, USA, 179-196.

BLAAS, H.G., H. EIK-NES and J.B. BREMNES (1998): The growth of the human embryo. A longitudinal biometric assessment from 7 to 12 weeks of gestation. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 12, 346-354.

BÖRSCH, M. (2004): *Ultrasonographische Fetometrie beim Kaninchen*. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

BREUKELMAN, S.P., J.M.C. REINDERS, F.H. JONKER, L. DE RUIGH, L.M.T.E. KAAL, A.M. VAN WAGTENDONK-DE LEEUW, P.L.A.M. VOS, S.J. DIELEMAN, J.F. BECKERS, Z. PERÉNYI and M.A.M. TAVERNE (2004): Fetometry and fetal heart rates between Day 35 and 108 in bovine pregnancies resulting from transfer of either MOET, IVP-co-culture or IVP-SOF embryos. *Theriogenology* 61, 867-882.

BUCCA, S., U. FOGARTY, A. COLLINS and V. SMALL (2005): Assessment of feto-placental well-being in the mare from mid-gestation to term: Transrectal and transabdominal ultrasonographic features. *Theriogenology* 64, 542-557.

CAMPBELL, S. (1969): The prediction of fetal maturity by ultrasonic measurement of the biparietal diameter. *J. Obstet. Gynaec. Brit. Cwlth.* 76, 603-609.

CARTEE, R.E. and T. ROWLES (1984): Preliminary study of the ultrasonographic diagnosis of pregnancy and fetal development in the dog. *Am. J. Vet. Res.* 45, 1259-1265.

CHAVEZ MORENO, J., C.S. CHAVEZ und K. BICKHARDT (1996): Fetale Herzfrequenzmessung und sonographische Fetometrie zur Bestimmung des Trächtigkeitsstadiums beim Schaf. *Dtsch. tierärztl. Wochenschrift* 103, 478-480.

CHERVENAK, F.A., D.W. SKUPSKI, R. ROMERO, M.K. MYERS, M. SMITH-LEVITIN, Z. ROSENWAKS and H.T. THALER (1998): How accurate is fetal biometry in the assessment of fetal age? *Am. J. Obstet. Gynecol.* 178, 678-687.

COLE, H.H., G.H. HART, W.R. LYONS and H.R. CATCHPOLE (1933): The development and hormonal content of fetal gonads. *Anat. Rec.* 56, 275-293.

COLLES, C.M., R.D. PARKES and C.J. MAY (1978): Foetal electrocardiography in the mare. *Equine Vet. J.* 10, 32-37.

CURRAN, S. (1992a): Diagnosis of fetal gender by ultrasonography. In: *Current Therapy in Equine Medicine*. Ed. N.E. Robinson. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 660-664.

CURRAN, S. (1992b): Fetal sex determination in cattle and horses by ultrasonography. *Theriogenology* 37, 17-21.

CURRAN, S. (1998): Fetal gender determination. In: *Equine Diagnostic Ultrasonography*. Eds. N.W. Rantanen and A.O. McKinnon. Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, USA, 165-169.

CURRAN, S. and O.J. GINTHER (1989): Ultrasonic diagnosis of equine fetal sex by location of the genital tubercle. *J. Equine Vet. Sci.* 9, 77-83.

CURRAN, S. and O.J. GINTHER (1991): Ultrasonic determination of fetal gender in horses and cattle under farm conditions. *Theriogenology* 36, 809-814.

CURRAN, S. and O.J. GINTHER (1993): Ultrasonic fetal gender diagnoses during Months 5 to 11 in mares. *Theriogenology* 40, 1127-1135.

DAVIDSON, A.P., T.G. NYLAND and T. TSUTSUI (1986): Pregnancy diagnosis with ultrasound in the domestic cat. *Vet. Radiol.* 27, 109-114.

DEGANI, S. (2001): Fetal biometry: clinical, pathological, and technical considerations. *Obstet. Gynecol. Surv.* 56, 159-167.

EBERSPÄCHER, J. (1991): Ultraschall in der bildgebenden Diagnostik. Prakt. Tierarzt 72, 739-744.

EVANS, U.E. and W.O. SACK (1973): Prenatal development of domestic and laboratory mammals: growth curves, external features and selected references. Anat. Histol. Embryol. 2, 11-45.

FLÜCKIGER, M. (1990): Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. 1. Funktionsweise, Geräte, biologische Wirkung. Schweiz. Arch. Tierheilk. 132, 275-282.

FRASER, A.F., H. HASTIE, R.B. CALLICOT and S. BROWNLIE (1975): An exploratory ultrasonic study on quantitative foetal kinesis in the horse. Appl. Anim. Ethol. 1, 395-404.

FRITSCH, R. und M. GERWING (1993): Sonographie bei Hund und Katze. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 3-9.

GINTHER, O.J. (1979): Reproductive Biology of the mare: basic and applied aspects, 1st ed., Equiservices Publishing, Cross Plains, WI, USA.

GINTHER, O.J. (1983a): Effect of reproductive status on twinning and on side of ovulation and embryo attachment in mares. Theriogenology 20, 383-395.

GINTHER, O.J. (1983b): Fixation and orientation of the early equine conceptus. Theriogenology 19, 613-623.

GINTHER, O.J. (1983c): Mobility of the early equine conceptus. Theriogenology 19, 603-611.

GINTHER, O.J. (1984): Intrauterine movement of the early conceptus in barren and postpartum mares. Theriogenology 21, 633-644.

GINTHER, O.J. (1985): Dynamic physical interactions between the equine embryo and uterus. Equine Vet. J. 3 (Suppl.), 41-47.

GINTHER, O.J. (1986): Ultrasonic imaging and reproductive events in the mare. Equiservices Publishing, Cross Plains, WI, USA.

GINTHER, O.J. (1992): Reproductive biology of the mare: basic and applied aspects, 2nd ed., Equiservices Publishing, Cross Plains, WI, USA.

GINTHER, O.J. (1995): Ultrasonic imaging and animal reproduction in horses. Book 2. Equiservices Publishing, Cross Plains, WI, USA.

GINTHER, O.J. (1998): Ultrasonic imaging and animal reproduction: Cattle. Book 3. Equiservices Publishing, Cross Plains, WI, USA.

GINTHER, O.J. and P.G. GRIFFIN (1993): Equine fetal kinetics: presentation and location. Theriogenology 40, 1-11.

GJESDAL, F. (1969): Age determination of bovine foetuses. Acta vet. scand. 10, 197-218.

GREENWOOD, P.L., R.M. SLEPETIS, M.J. MCPHEE and A.W. BELL (2002): Prediction of stage of pregnancy in prolific sheep using ultrasound measurement of fetal bones. Reprod. Fert. Dev. 14, 7-13.

GRIFFIN, P.G. and O.J. GINTHER (1991): Uterine morphology and function in postpartum mares. J. Equine Vet. Sci. 11, 330-339.

GROF, D. (1992): Sonographie des graviden und puerperalen Uterus unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Stadien der embryonalen und fetalen Entwicklung sowie Ultraschall-darstellung der Hoden und der Harnblase bei der Katze. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

GUFFY, M.M., W.C. BERGIN and H.T. GIER (1970): Radiographic fetometry of the horse. Cornell Vet. 60, 359-371.

GÜNZEL-APEL, A., B. HEINZE und D. SCHÄFER (1996): Bestimmung des Gestationsalters. In: Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik bei Hund und Katze. Eds. C. Poulsen Nautrup und R. Tobias. Schlütersche, Hannover, 304-310.

GURLT, E.F. (1860): Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haussäugetiere. Verl. Hirschwald, Berlin.

HAIBEL, G.K. and N.R. PERKINS (1989): Real-time ultrasonic biparietal diameter of second trimester Suffolk and Finn sheep fetuses and prediction of gestional age. Theriogenology 32, 863-869.

HÖFLIGER, H. und H.-P. RÜEDLINGER (1976): Zur Altersbestimmung von Feten des Schweizer Braunviehs. Schweiz. Arch. Tierheilk. 118, 507-513.

HOLDER, R.D. (2000): Fetal sex determination in the mare between 55 and 150 days gestation. Proc. 46th Ann. Conv. Am. Ass. equine Pract., San Antonio, TX, USA, 321-324.

HONARVAR, M., M. ALLAHYARI and S. DEHBASHI (2000): Assessment of gestational age based on ultrasonic femur length after the first trimester: a simple mathematical correlation between gestational (GA) and femur length (FL). Int. J. Gynecol. Obstet. 70, 335-340.

JOHNSEN, S.L., S. RASMUSSEN, R. SOLLIEN and T. KISERUD (2004): Fetal age assessment based on ultrasound head biometry and the effect of maternal and fetal factors. Acta Obstet. Gynecol. Scand. 83, 716-723.

KÄHN, W. (1989): Sonographic fetometry in the bovine. Theriogenology 31, 1105-1121.

KÄHN, W. (1990): Sonographic imaging of the bovine fetus. Theriogenology 33, 385-396.

KÄHN, W. (1991): Atlas und Lehrbuch der Ultraschalldiagnostik: Gynäkologische Untersuchung und Reproduktion; Pferd, Rind, Schaf, Ziege, Schwein, Hund, Katze. Schlütersche, Hannover.

KÄHN, W. (1992): Ultrasonography as a diagnostic tool in female animal reproduction. *Anim. Reprod. Sci.* 28, 1-10.

KÄHN, W., B. KÄHN, A. RICHTER, J. SCHULZ und M. WOLF (1992): Zur Sonographie der Gravidität bei Schafen I. Fetometrie zur Bestimmung des Gestationsstadiums und Vorhersage des Geburtszeitpunkts. *Dtsch. tierärztl. Wochenschrift* 99, 449-452.

KÄHN, W. und W. LEIDL (1984): Die Ultraschalldiagnostik (Echographie) in der gynäkologischen Untersuchung der Stute. *Tierärztl. Prax.* 12, 203-210.

KÄHN, W. und W. LEIDL (1987): Die Ultraschall-Biometrie von Pferdefeten in utero und die sonographische Darstellung ihrer Organe. *Dtsch. tierärztl. Wochenschrift* 94, 509-515.

KAULFUß, K.H., K. UHLICH und U. GILLE (1999): Ultrasonographische Messungen zum fetalen Wachstum des Schafes zwischen dem 20. und 50. Trächtigkeitstag. *Dtsch. tierärztl. Wochenschrift* 106, 433-438.

LASSER, D.M., D.B. PEISNER, J. VOLLEBERGH and I. TIMOR-TRITSCH (1993): First-trimester fetal biometry using transvaginal sonography. *Ultrasound Obstet. Gynecol.* 3, 104-108.

LEITH, G.S. and O.J. GINTHER (1984): Characterization of intrauterine mobility of the early equine conceptus. *Theriogenology* 22, 401-408.

MANNING, F.A. (1987): Ultrasonography in perinatal medicine. In: *Neonatology: Pathophysiology and management of the newborn*, 3rd ed., Ed. G.B. Avery. J.B. Lippincott, Philadelphia, 110-129.

MARI, G., C. CASTAGNETTI and S. BELLUZZI (2002): Equine fetal sex determination using a single ultrasonic examination under farm conditions. *Theriogenology* 58, 1237-1243.

MATSUI, K., S. SUGANO and I. MASUYAMA (1985): Changes in the fetal heart rate of Thoroughbred horse through the gestation. *Jpn. J. Vet. Sci.* 47, 597-601.

MATSUI, K., S. SUGANO, I. MASUYAMA, A. AMADA and Y. KANO (1984): Alterations in the heart rate of Thoroughbred horse, pony, and Holstein cow through pre- and post-natal stages. *Jpn. J. Vet. Sci.* 46, 505-510.

MATTOON, J.S., D.G. PENNINCK, E.R. WISNER, T.G. NYLAND and D.M. AULD (2002): Advanced techniques and future trends. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 2nd ed., Eds. T.G. Nyland and J.S. Mattoon. W.B. Saunders Company, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 425-440.

MCGLADDERY, A. (1998): Fetal Ultrasonography. In: *Equine Diagnostic Ultrasonography*. Eds. N.W. Rantanen and A.O. McKinnon. Williams & Wilkins, Baltimore, Maryland, USA, 171-180.

MCKINNON, A.O. (1993): Diagnosis of pregnancy. In: *Equine Reproduction*. Eds. A.O. McKinnon and J.L. Voss. Lea & Febiger, Pennsylvania, USA, 501-508.

MCKINNON, A.O., J.L. VOSS, E.L. SQUIRES and E.M. CARNEVALE (1993): Diagnostic Ultrasonography. In: *Equine Reproduction*. Eds. A.O. McKinnon and J.L. Voss. Lea & Febiger, Pennsylvania, USA, 266-302.

MERKT, H. und J.C. DE ANDRADE MOURA (2000): Geschlechtsbestimmung von Pferdefeten zwischen dem 50. und 93. Tag der Trächtigkeit mittels Sonographie. *Tierärztl. Prax.* 28 (G), 166-171.

MERKT, H., J.C. DE ANDRADE MOURA and W. JÖCHLE (1999): Gender determination in equine fetuses between Days 50 and 90 of pregnancy. *J. Equine Vet. Sci.* 19, 90-94.

MERZ, E. (1994): Aktueller Stand der Vaginosonographie. Teil II. Geburtshilfliche Diagnostik, neue Aspekte und Zukunftsaussichten. *Ultraschall Med.* 15, 52-59.

MERZ, E. (2002): Gestationsaltersschätzung im II. und III. Trimenon. In: Sonographische Diagnostik in Gynäkologie und Geburtshilfe: Lehrbuch und Atlas. Bd. 2: Geburtshilfe, 2. Aufl., Ed. E. Merz. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 161-162.

MERZ, E. und K.-H. EICHHORN (2002): Ultraschallscreening. In: Sonographische Diagnostik in Gynäkologie und Geburtshilfe: Lehrbuch und Atlas. Bd. 2: Geburtshilfe, 2. Aufl., Ed. E. Merz. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 8-16.

MORIYOSHI, M., Y. WAKI, T. NAKAO and K. KAWATA (1996): Observation of the growth process of a beagle embryo and fetus by ultrasonography. J. Vet. Med. Sci. 58, 443-445.

NICKEL, R., A. SCHUMMER und E. SEIFERLE (1991): Sehorgan, Organum visus. In: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere Bd. 4. Nervensystem, Sinnesorgane, endokrine Drüsen. 3. Aufl./ von G. Böhme. Eds. R. Nickel, A. Schummer und E. Seiferle. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg, 405-444.

NODEN, D.M. and A. DE LAHUNTA (1985): Embryology of domestic and laboratory animals. Developmental mechanisms and malformations. Williams & Wilkins, London.

O'GRADY, J.P., C.H. YEAGER, L. FINDLETON and J. BROWN (1981): In utero visualization of the fetal horse by ultrasonic scanning. Equine Pract. 3, 45-49.

OWEN, P., M.L. DONNET, S.A. OGSTON, A.D. CHRISTIE, P.W. HOWIE and N.B. PATEL (1996): Standards for ultrasound fetal growth velocity. Br. J. Obstet. Gynaecol. 103, 60-69.

PALMER, E. and M.A. DRIANCOURT (1980): Use of ultrasonic echography in equine gynecology. Theriogenology 13, 203-216.

PANTALEON, L.G., F.T. BAIN, W. ZENT and D.G. POWELL (2003): Equine fetal growth and development. Compend. contin. Educ. Pract. Vet. 25, 470-476.

PIPERS, F.S. and C.S. ADAMS-BRENDEMUEHL (1984): Techniques and applications of transabdominal ultrasonography in the pregnant mare. J. Am. Vet. Med. Assoc. 185, 766-771.

RAMAN, S., T. TEOH and S. NAGARAJ (1996): Growth patterns of the humeral and femur length in a multiethnic population. Int. J. Gynaecol. Obstet. 54, 143-147.

REICHLE, J.K. and G.K. HAIBEL (1991): Ultrasonic biparietal diameter of second trimester Pygmy goat fetuses. Theriogenology 35, 689-694.

RENAUDIN, C.D. (2000): Ultrasonographic determination of equine fetal gender. In: Recent Advances in Equine Theriogenology. Ed. B.A. Ball. International Veterinary Information Service.

RENAUDIN, C.D., C.L. GILLIS and A.F. TARANTAL (1999): Transabdominal ultrasonographic determination of fetal gender in the horse during mid-gestation. Equine Vet. J. 31, 483-487.

RENAUDIN, C.D., M.H.T. TROEDSSON, C.L. GILLIS, V.L. KING and A. BODENA (1997): Ultrasonographic evaluation of the equine placenta by transrectal and transabdominal approach in the normal pregnant mare. Theriogenology 47, 559-573.

ROSENBERG, A. (1873): Über die Entwicklung des Extremitätenskelettes bei einigen durch Reduktionen ihrer Gliedmaßen charakterisierten Wirbeltieren. Zeitschr. f. Wiss. Zool. 23, 116.

RÜSSE, I. und F. SINOWATZ (1991): Lehrbuch der Embryologie der Haustiere. Verlag Paul Parey, Berlin, Hamburg.

SAARNI, I. (1921): Die intrauterine Entwicklung der Extremitätenknochen des Pferdes. Dissertation, Universität Gießen.

SAITO, M., K. YAZAWA, A. HASHIGUCHI, T. KUMASAKA, N. NISHI and K. KATO (1972): Time of ovulation and prolonged pregnancy. Am. J. Obstet. Gynecol. 112, 31-38.

SCHMIDT, G. (1960): Epiphysen und Apophysen in der röntgenologischen Darstellung in den Vorder- und Hinterextremitäten der Fohlen. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover.

SCHMIDT, S. (1986): Die Ultraschalldiagnostik in der inneren und gynäkologischen Kleintierpraxis. Berl. Münch. tierärztl. Wochenschr. 99, 300-308.

SCHNORR, B. und M. KRESSIN (2001): Entwicklung der Organe. In: Embryologie der Haustiere: ein Kurzlehrbuch, 4. Aufl., Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 114-232.

SCHOTT, H.C. (1993): Assessment of fetal well-being. In: Equine Reproduction. Eds. A.O. McKinnon and J.L. Voss. Lea & Febiger, Pennsylvania, USA, 964-975.

SERGEEV, L., D.O. KLEEMANN, S.K. WALKER, D.H. SMITH, T.I. GROSSER, T. MANN and R.F. SEAMARK (1990): Real-time ultrasound imaging for predicting ovine fetal age. Theriogenology 34, 593-601.

TEZUKA, N., M. BANZAI, S. SATO, H. SAITO and M. HIROI (1998): Sexual difference in early crown-rump length versus gestational age in pregnancies arising from in vitro fertilization. Gynecol. Obstet. Invest. 45, 151-153.

TIMOR-TRITSCH, I.E., D. FARINE and M.G. ROSEN (1988): A close look at early embryonic development with the high-frequency transvaginal transducer. Am. J. Obstet. Gynecol. 159, 676-681.

VANDEPLASSCHE, M. and H. LAUWERS (1986): The twisted umbilical cord: An expression of kinesis of the equine fetus? Anim. Reprod. Sci. 10, 163-175.

WESSON, J.A. and O.J. GINTHER (1980): Fetal and maternal gonads and gonadotrophins in the pony. Biol. Reprod. 22, 735-746.

WHITE, I.R., A.J.F. RUSSEL, I.A. WRIGHT and T.K. WHYTE (1985): Real-time ultrasonic scanning in the diagnosis of pregnancy and the estimation of gestational age in cattle. *Vet. Rec.* 117, 5-8.

YEAGER, A.E., H.O. MOHAMMED, V. MEYERS-WALLEN, L. VANNERSON and P.W. CONCANNON (1992): Ultrasonographic appearance of the uterus, placenta, fetus, and fetal membranes throughout accurately timed pregnancy in beagles. *Am. J. Vet. Res.* 53, 342-351.

ZIMMER, E.Z., C.R. CHAO, G. ABRAMOVICH and I.E. TIMOR-TRITSCH (1992): Fetal stomach measurements: not reproducible by the same observer. *J. Ultrasound Med.* 11, 663-665.

9 DANKSAGUNG

Herrn Prof. Dr. W. Kähn danke ich für die Überlassung des interessanten Themas, für die Übernahme des Referates und für seine kritischen Anregungen sowie die gewährte Unterstützung. Weiterhin möchte ich mich dafür bedanken, dass er es mir ermöglicht hat, neben der Dissertation bereits mit einer Anstellung in der Tierklinik Kaufungen praktische Erfahrungen sammeln zu dürfen.

Herrn Prof. Dr. A. Boos möchte ich für die Übernahme des Korreferates danken.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Gisela Althans und Herrn Rainer Althans, Stefan Althans und Dörte Mitgau sowie Rosi und Hans Landefeld, die mir mit der Ermöglichung der Durchführung meiner Versuche und mit der freundlichen Überlassung ihrer Stuten für die Studie sehr geholfen haben. Ihnen und auch allen anderen Mitarbeitern des Gestüts Ellenbach danke ich ganz herzlich für die stets vorhandene Hilfsbereitschaft und die tolle Zusammenarbeit.

Meinen Kollegen aus der Tierklinik Kaufungen danke ich für Ihre Unterstützung und das Verständnis für die Durchführung der Untersuchungen.

Meinen vielen Freunden danke ich für ihre Geduld beim Zuhören. Ganz besonders möchte ich mich bei Irina für das Korrekturlesen und bei Marco für die große Hilfsbereitschaft und die entgegengebrachte Geduld mit den statistischen Schwierigkeiten bedanken.

Daniel möchte ich ganz herzlich für die viele seelische und moralische Unterstützung und seine jederzeit gewährte und überaus geduldige Hilfe sowohl bei Computerproblemen als auch bei inhaltlichen Fragen danken.

Sonnie danke ich für ihre vielen liebevollen Aufmunterungen und die Hilfe bei den Statistikproblemen.

Schließlich gilt der größte Dank von ganzem Herzen meinen lieben Eltern, die mir durch ihre unermüdliche Unterstützung mein Studium und schließlich diese Arbeit erst ermöglicht haben und die mir in jeder Situation meines Lebens unerschütterlich zur Seite stehen und mich immer wieder äußerst liebevoll ermutigen.

10 LEBENS LAUF

Name Stephanie Hegenbart-Ritter

Geburtsdatum 05.10.1976

Geburtsort Heidelberg

Nationalität deutsch

1982-1987 Primarschule Medellin, Kolumbien

1987-1989 Orientierungsstufe Lemförde, Deutschland (5. und 6. Schuljahr)

1989-1996 Gymnasium Graf-Friedrich-Schule Diepholz, Deutschland

1996 Abitur

1996-2002 Studium der Veterinärmedizin an der Tierärztlichen Hochschule Hannover, Deutschland

26.06.2002 Staatsexamen an der Tierärztlichen Hochschule Hannover, Deutschland

12.08.-20.09.2002 Krankheitsvertretung für eine Assistenztierärztin in der Tierärztlichen Klinik Binger Wald in Waldalgesheim, Deutschland

seit 01.05.2003 Anstellung als Assistenztierärztin in der Tierklinik am Lindenhof, Kaufungen, Deutschland

31. Januar 2007

11 ANHANG

11.1 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
BPD	Biparietaldurchmesser
bzw.	beziehungsweise
cm	Zentimeter
CTUP	Combined Thickness of Uterus and Placenta
dB	Dezibel
d. h.	das heißt
Durchm.	Durchmesser
e.g.	“exempli gratia“ (Lat.) = for example
et al.	et alii
g	Gramm
HF	Herzfrequenz
HW	Halswirbel
IKR	Interkostalraum
kHz	Kilohertz
KU	Kopfumfang
m	Meter
MHz	Megahertz
Min.	Minuten
mm	Millimeter
mW	Milliwatt
Nr.	Nummer
p. c.	post coitum
p. m.	post menstruationem
p. ov.	post ovulationem
s	Sekunde
SSL	Scheitel-Steiß-Länge

Tab.	Tabelle
T. d. G.	Tag der Gravidität
TG	Tuberculum genitale = Genitalhöcker
V.	Vena
WK	Wirbelkörper
z. B.	zum Beispiel
ZR	Zwischenraum
z. T.	zum Teil

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Protokoll für die fetometrische Untersuchung (Seite 1).....	49
Abb. 2:	Protokoll für die fetometrische Untersuchung (Seite 2).....	50
Abb. 3:	Die Schnittebenen durch einen Pferdefetus in utero. a) Quer- bzw. Transversalschnitt; b) Sagittalschnitt; c) Horizontalschnitt (KÄHN und LEIDL 1987).	51
Abb. 4:	Längsdurchmesser (a) und Querdurchmesser (b) einer Fruchtblase am 16. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute.	52
Abb. 5:	Die Messung der Scheitel-Steiß-Länge (Kreuze). Sagittalschnitt durch den Fetus einer Islandpferdestute am 40. Tag der Gravidität.	53
Abb. 6:	Die Messung des inneren Querdurchmessers der Schädelhöhle im Transversalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 118. Tag der Gravidität. Beide Gehirnhälften sind sichtbar.	54
Abb. 7:	Die Messung des Querdurchmessers (a) und des Längsdurchmessers (b) des Augapfels. Schnittbild durch den Augapfel eines Fetus mit vorderer Augenkammer (A), Linse (B) und Glaskörper (C) am 252. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute.	55
Abb. 8:	Die Messung des Lumendurchmessers (Kreuze) der Trachea eines Fetus im Sagittalschnitt am 118. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute. Der Pfeil markiert einen Halswirbel.	56
Abb. 9:	Die Messung der Länge von drei Halswirbeln und ihrer Zwischenräume im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 70. Tag der Gravidität.	57
Abb. 10:	Die Messung des Rumpfquerschnittes (a) auf Höhe des Magens (A) und der Breite dreier Rippen einschließlich ihrer Interkostalräume (b) im Horizontalschnitt bei einem Fetus am 90. Tag der Gravidität einer Islandpferdestute.	58
Abb. 11:	Die Messung des Längs- (a) und des Querdurchmessers (b) des Herzens im Vierkammerschnitt bei einem Fetus am 167. Tag der Gravidität.	59
Abb. 12:	Die Messung des Längs- (a) und Querdurchmessers (b) des Magens im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 97. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert die Rippen.	60
Abb. 13:	Die Messung des Lumendurchmessers der Vena cava caudalis (Kreuze) im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 111. Tag der Gravidität. Benachbart liegen die Leber (A) und der Magen (B), der Pfeil markiert die Rippen.	61
Abb. 14:	Die Messung des Längs- (a) und Querdurchmessers (b) des Urachus im Querschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 118. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert den Penis.	62
Abb. 15:	Die Messung der Länge von drei Wirbelkörpern und ihrer Zwischenräume im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 90. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert die Rippen.	63

Abb. 16:	Die Messung der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphysen von Radius und Ulna bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 172. Tag der Gravidität.....	64
Abb. 17:	Die Messung der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphysen des Os ilium (a) und des Os ischii (b) im Horizontalschnitt bei dem Fetus einer Islandpferdestute am 71. Tag der Gravidität. Der Pfeil markiert die Wirbelsäule.....	65
Abb. 18:	Die Messung der CTUP (Kreuze) bei einer Islandpferdestute am 172. Tag der Gravidität im ventralen Bereich des Corpus uteri in Anlehnung an RENAUDIN et al (1997). A: an die Zervix angrenzende Plazenta; B: Allantoisflüssigkeit; C: Amnionflüssigkeit; Pfeil: Allantoamnion.	66
Abb. 19:	A) männlicher Fetus im Querschnitt um den 60. Tag, Genitaltuberkel (Pfeil) zwischen den Hintergliedmaßen (HG); B) weiblicher Fetus um den 60. Tag, Genitaltuberkel (Pfeil) ventral des Schwanzquerschnittes (gestrichelter Pfeil); C) männlicher Fetus in Rückenlage am 118. Tag, Penis (Pfeil) im Querschnitt an der ventralen Bauchwand in Nachbarschaft zum Urachus (U); D) weiblicher Fetus in Rückenlage, Mamma im Querschnitt am 132. Tag (die Pfeile markieren die Zitzen).....	67
Abb. 20:	Die Zunahme des Längsdurchmessers der Fruchtblasen bei Islandpferden während der ersten beiden Monate der Trächtigkeit.	71
Abb. 21:	Die Zunahme des mittleren Durchmessers der Fruchtblasen bei Islandpferden während der ersten beiden Monate der Trächtigkeit.	72
Abb. 22:	Die Zunahme der Scheitel-Steiß-Länge bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 20. und dem 86. Tag der Trächtigkeit.	73
Abb. 23:	Die Zunahme des Querdurchmessers der Schädelhöhle bei Feten von Islandpferden zwischen dem 54. und 216. Tag der Trächtigkeit.	75
Abb. 24:	Die Zunahme des Längsdurchmessers des Augapfels bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 322. Tag der Trächtigkeit.	77
Abb. 25:	Die Zunahme des Querdurchmessers des Augapfels bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 322. Tag der Trächtigkeit.	78
Abb. 26:	Die Zunahme des mittleren Durchmessers des Augapfels bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 322. Tag der Trächtigkeit.	79
Abb. 27:	Die Zunahme des Lumendurchmessers der Trachea bei Feten von Islandpferden zwischen dem 111. und 322. Tag der Trächtigkeit.	80
Abb. 28:	Die Zunahme der durchschnittlichen Länge eines Halswirbels einschließlich eines Zwischenraumes (ZR) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 58. und 216. Tag der Trächtigkeit.	82
Abb. 29:	Die Zunahme der durchschnittlichen Breite einer Rippe einschließlich eines Interkostalraumes (IKR) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 54. und 240. Tag der Trächtigkeit.	84
Abb. 30:	Die Zunahme der Herzlänge bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 24. und 152. Tag der Trächtigkeit.	86
Abb. 31:	Die Zunahme der Herzbreite bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 24. und 152. Tag der Trächtigkeit.	87

Abb. 32:	Die Zunahme des mittleren Herzdurchmessers bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 24. und 152. Tag der Trächtigkeit.	88
Abb. 33:	Die Abnahme der Herzfrequenz bei Feten von Islandpferden zwischen dem 97. und 266. Tag der Trächtigkeit.	89
Abb. 34:	Die Zunahme des Rumpfquerschnittes bei Embryonen bzw. Feten von Islandpferden zwischen dem 30. und 132. Tag der Trächtigkeit.	90
Abb. 35:	Die Zunahme des Längsdurchmessers des Magens bei Feten von Islandpferden zwischen dem 44. und 204. Tag der Trächtigkeit.	92
Abb. 36:	Die Zunahme des mittleren Magendurchmessers bei Feten von Islandpferden zwischen dem 44. und 204. Tag der Trächtigkeit.	93
Abb. 37:	Die Zunahme des Lumendurchmessers der Vena cava caudalis bei Feten von Islandpferden zwischen dem 90. und 204. Tag der Trächtigkeit.	94
Abb. 38:	Die Zunahme des Lumendurchmessers der Aorta bei Feten von Islandpferden zwischen dem 90. und 228. Tag der Trächtigkeit.	96
Abb. 39:	Die Zunahme des mittleren Innendurchmessers des Urachus bei Feten von Islandpferden zwischen dem 62. und 152. Tag der Trächtigkeit.	97
Abb. 40:	Die Zunahme der durchschnittlichen Länge eines Wirbelkörpers einschließlich eines Zwischenraumes (ZR) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 54. und 228. Tag der Trächtigkeit.	99
Abb. 41:	Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Metakarpus bei Feten von Islandpferden zwischen dem 104. und 216. Tag der Trächtigkeit.	101
Abb. 42:	Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Metatarsus bei Feten von Islandpferden zwischen dem 104. und 172. Tag der Trächtigkeit.	102
Abb. 43:	Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphysen von Radius und Ulna bei Feten von Islandpferden zwischen dem 104. und 204. Tag der Trächtigkeit.	104
Abb. 44:	Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Darmbeins (Os ilium) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 62. und 152. Tag der Trächtigkeit.	106
Abb. 45:	Die Zunahme der Länge des ossifizierten Anteils der Diaphyse des Sitzbeins (Os ischii) bei Feten von Islandpferden zwischen dem 66. und 152. Tag der Trächtigkeit.	108
Abb. 46:	Die Zunahme der durchschnittlichen Plazenta-Uteruswanddicke (CTUP = Combined Thickness of Uterus and Placenta) bei Islandpferden zwischen dem 252. und 322. Tag der Trächtigkeit.	110
Abb. 47:	Das Zeitfenster für die ultrasonographische Geschlechtsbestimmung während der Trächtigkeit bei Feten von Islandpferdestuten.	114
Abb. 48:	Die Erreichbarkeit der einzelnen fetalen Körperteile für die fetometrische Untersuchung während der Trächtigkeit ab dem zweiten Trächtigkeitsmonat (n = 498).	115
Abb. 49:	Die Erreichbarkeit des Kopfes im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).	116
Abb. 50:	Die Erreichbarkeit des Halses im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).	117

Abb. 51:	Die Erreichbarkeit des Thorax im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).....	118
Abb. 52:	Die Erreichbarkeit des Abdomens im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).....	119
Abb. 53:	Die Erreichbarkeit der Extremitäten im Verlaufe der Trächtigkeit (n = 498).....	120
Abb. 54:	Die Zeitfenster für die ultrasonographische Vermessung ausgewählter fetalen Strukturen während der Trächtigkeit bei Islandpferdestuten.	145

11.3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Daten der Probanden.	46
Tab. 2:	Die Regressionsgleichungen und Korrelationen für das Wachstum ausgewählter fetaler Strukturen sowie die Zeitspanne für deren Vermessung.	112
Tab. 3:	Die Geschlechtsdiagnose bei Feten von Islandpferdestuten sowie die erst- und letzte Sichtbarkeit des Geschlechts.	113